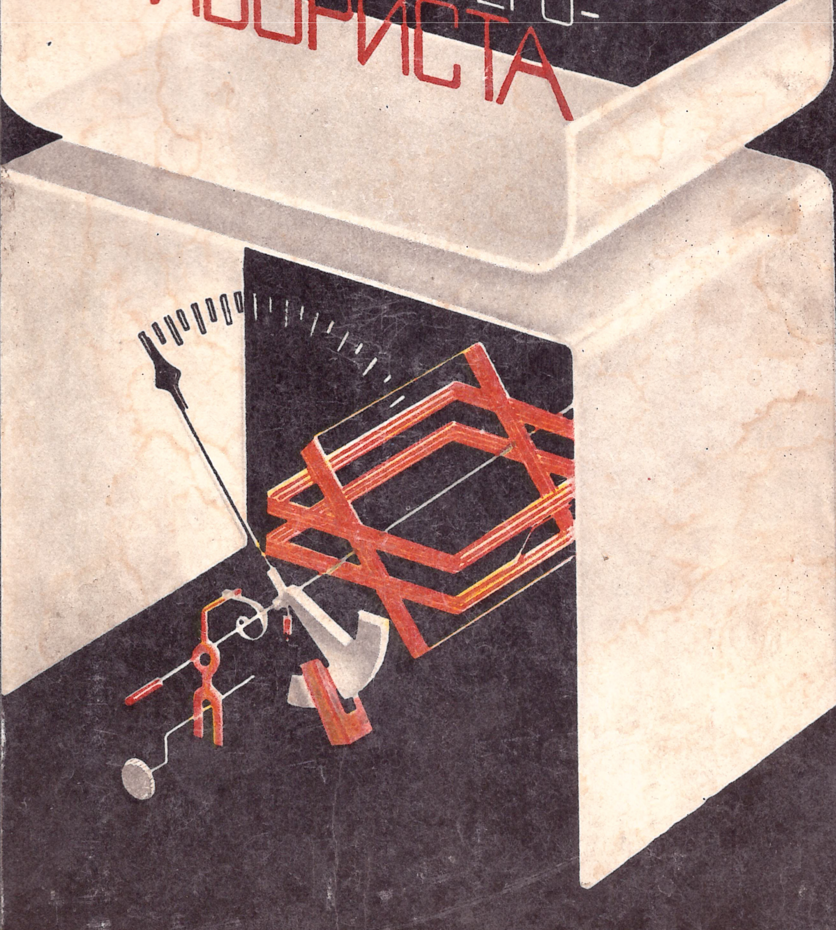
Ю.Ф. ШИЛОВ

СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО-ПРИБОРИСТА



СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО-ПРИБОРИСТА

Ю. Ф. ШИЛОВ

СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО-ПРИБОРИСТА

ЛЬВОВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«КАМЕНЯР»
1982

ББК 34.9
6П5.8
Ш59

Справочник содержит сведения по классификации и устройству приборов, применяемых в легкой, пищевой, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности. Освещены особенности монтажа, технического обслуживания и ремонта приборов, приведены характерные неисправности и способы их устранения, изложены вопросы организации труда рабочего-прибориста и требования техники безопасности.

Для рабочих-прибористов. Может быть использован учащимися системы профессионально-технического образования.

Рецензенты:
кандидат технических наук **О. И. Чайковский**,
В. А. Цимейко

Ш $\frac{31305\text{-}077}{М214(04)\text{-}82}$ 56.82.2706000000

© Издательство «Каменяр», 1982

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года предусмотрено значительное повышение эффективности общественного производства на основе его всесторонней интенсификации и улучшения качества продукции во всех отраслях, научной организации труда, нормирования и стимулирования, а также перехода к массовому применению технологических процессов, обеспечивающих механизацию и автоматизацию производства. Успешная реализация этих задач требует широкого оснащения всех отраслей промышленности измерительными приборами и средствами автоматизации.

Эффективность использования приборов определяется качеством их обслуживания, которое зависит от квалификации кадров прибористов. На предприятиях легкой, пищевой, местной промышленности на базе подразделений контрольно-измерительных приборов и автоматики создаются метрологические службы. В их состав входят цеха, участки или группы, основной задачей которых является монтаж, ежедневное техническое обслуживание, настройка, наладка и ремонт средств измерений и автоматизации. Они же выполняют работы по подготовке средств измерений к поверке.

Основными параметрами, которые необходимо контролировать для обеспечения высокого качества готовой продукции при строгой экономии материальных, энергетических и топливных ресурсов, являются температура, давление, уровень, расход, влажность, вязкость и другие.

В справочнике дана классификация приборов, служащих для контроля указанных параметров, освещены особенности их монтажа и ремонта, названы характерные неисправности и приведены способы их устранения. Излагаются основные понятия об автоматическом регулировании, об управлении

качеством монтажа, наладки и обслуживания приборов, а также требования техники безопасности при их обслуживании. Освещены вопросы организации труда рабочего-прибориста, указаны применяемые при обслуживании и ремонте приборов инструменты и материалы.

Задача справочника — оказать помощь рабочим-прибористам в их повседневном труде по монтажу, наладке, обслуживанию и ремонту приборов. Он может быть использован также при подготовке кадров в системе профессионально-технического образования.

ГЛАВА 1

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МЕТРОЛОГИИ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Метрология — наука об измерениях и методах обеспечения их единства. Вопросами практики измерений занимается прикладная метрология. Отрасль техники, которая обеспечивает пополнение, обновление и поддержание в исправном состоянии парка средств измерений, а также их правильную и эффективную эксплуатацию, носит название измерительной техники.

Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Если отношение измеряемой величины X к единице измерения y обозначить через n, то

$$X=n\cdot y. \qquad (1.1)$$

Это уравнение называют основным уравнением измерения; n — числовым значением измеряемой величины; произведение $n\cdot y$ — результатом измерения.

С 1980 года в нашей стране применяют систему единиц СИ (*SI* в переводе означает «система интернациональная»). Основные единицы этой системы приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные единицы измерения системы СИ (*SI*)

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения	
		русское	международное
Длина	метр	м	*m*
Масса	килограмм	кг	*kg*
Время	секунда	с	*s*
Сила электрического тока	ампер	А	*A*
Термодинамическая температура	кельвин	К	*K*
Количество вещества	моль	моль	*mol*
Сила света	канделла	кд	*cd*

1.2. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Существует четыре основных вида измерений: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямыми называются измерения, при которых значения измеряемой величины находят непосредственно из опытных данных. Простейшими примерами могут служить измерения температуры с помощью стеклянного термометра, давления — с помощью манометра.

Косвенными называются измерения, включающие использование средств измерений и последующие математические операции с их выходными сигналами. Эти операции могут производиться оператором (например, вычисление значения электрической мощности по показаниям вольтметра и амперметра).

Совокупными называются измерения, имеющие целью определить значения нескольких одноименных величин. Например, значение массы отдельных гирь набора можно найти по известному значению одной из них и по разностям масс нескольких гирь, найденных взвешиванием на весах.

Совместными называют измерения, при которых значения разноименных величин находят решением системы уравнений, которые выражают взаимосвязь этих величин. Примером совместных измерений может служить определение электрического сопротивления или коэффициента линейного теплового расширения при совместном определении длины образца и его температуры.

Метод измерений — это совокупность приемов использования средств измерений, в результате которых решается поставленная задача. Методы измерений определяются видом контролируемых величин, их размерами, требуемой точностью результата, быстротой процесса измерения, условиями, при которых проводят измерения, и рядом иных признаков.

Основными являются методы прямого преобразования (контактный и бесконтактный), сравнения и комбинированный.

Метод прямого преобразования дает значение измеряемой величины, непосредственно преобразуя входную величину в выходную; отсчет получается без дополнительных устройств и действий со стороны лица, проводящего измерение, без вычислений (кроме умножения показаний на постоянную прибора или цену деления). К приборам, реа-

лизующим этот метод, относятся манометры, термометры и другие показывающие и самопишущие приборы.

Метод сравнения основан на использовании меры* и измерительного прибора сравнения. Разновидностями его являются методы: нулевой, замещения и дополнения.

Нулевой метод заключается в уравновешивании неизвестной измеряемой величины известной. Последнюю выбирают таким образом, чтобы разность между значениями измеряемой и известной величин равнялась нулю; совпадение значений отмечают по нулевому указателю. Примером реализации нулевого метода может служить автоматический потенциометр для измерения температуры; при этом термоЭДС уравновешивают перемещением с помощью двигателя движка реохорда, положение последнего и связанной с ним стрелки прибора является функцией температуры.

Метод замещения состоит в замещении измеряемой величины одноименной и равной ей по размеру известной величиной. К нему относится, например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов.

Метод дополнения основан на добавлении измеряемой величины к одноименной известной величине, которая подбирается так, чтобы на индикатор воздействовала их сумма, равная заранее заданной величине. Примером может служить взвешивание с постоянной нагрузкой весов.

Комбинированный метод представляет собой сочетание методов прямого преобразования и сравнения. Он имеет разновидности: неполного уравновешивания, дифференциальный и совпадений.

При методе неполного уравновешивания измеряемую и известную величины подводят одновременно к индикатору, который используется для измерения оставшейся разности между этими величинами, не доведенной до нуля.

Дифференциальный метод состоит в измерении предварительно образовавшейся разности между измеряемой и известной величинами методом прямого преобразования. Примером могут служить рычажные весы, где измеряемая масса тела сравнивается с массой гири или их набором.

При использовании метода совпадений образовавшаяся разность между измеряемой и известной величинами опре-

---

* Мерой называют средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера; например, гиря — мера массы.

деляется путем периодических совмещений отметок или сигналов. Примером может быть измерение длины любого изделия с помощью штангенциркуля, где наблюдают совпадение отметок на шкалах штанги и нониуса.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ СТРУКТУРА

Измерение физических величин производят с помощью технических средств, обладающих определенными метрологическими свойствами.

Средства измерений можно классифицировать по ряду признаков.

1. По видам различают: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и измерительные системы.

Меры могут быть объединены в комплекты, например, набор гирь.

Измерительный прибор служит для образования выходного сигнала в форме, позволяющей наблюдателю непосредственно воспринимать значение измеряемой величины.

Измерительный преобразователь предназначен для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Измерительная установка представляет собой совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов и измерительных преобразователей), а также вспомогательных устройств (встроенного сигнализатора или регулятора), предназначенную для выполнения сложных измерений (совокупных, совместных).

Измерительная система — это совокупность функционально объединенных средств измерений, средств автоматизации измерительных операций и средств вычислительной техники, снабженная общим управлением и предназначенная для выполнения измерений многих величин с автоматической обработкой получаемых результатов по заданной программе.

2. По способу отсчета различают средства измерений с ручной наводкой, шкальные и регистрирующие.

В средствах измерений с ручной наводкой процесс из-

мерения осуществляется сравнением измеряемой величины с мерами или образцами при участии наблюдателя (например, весы с гирями, пирометр с исчезающей нитью).

Шкальные приборы имеют отсчетное устройство в виде шкалы и указателя, которые могут быть подвижными.

В регистрирующих приборах выходной сигнал регистрируется как функция времени или аргумента. Самопишущие приборы, являющиеся разновидностью регистрирующих, обеспечивают запись выходного сигнала в форме диаграммы. Печатающие регистрирующие приборы фиксируют выходной сигнал в цифровой форме.

3. По метрологическому назначению все средства измерения делят на две группы: образцовые, служащие для воспроизведения и передачи измерения с наибольшей точностью (в пределах их возможностей); рабочие (технические), которые служат для технических измерений в производстве.

4. По форме преобразования и представления выходных измерительных сигналов различают аналоговые и цифровые средства измерений.

5. По условиям применения средства измерений делятся на стационарные и переносные, местные и дистанционные, оперативные и учетные.

6. По характеру участия в измерительном процессе кроме основных выделяют вспомогательные средства, к которым относят устройства, необходимые для проведения измерений, но не имеющие прямого отношения к преобразованию измерительной информации (источники питания, разделительные устройства, устройства автоматики).

7. По измеряемой величине различают средства измерения температуры, давления, расхода, количества жидкостей и газа, уровня жидкостей и др.

Любое средство измерений состоит из элементов, в которых происходят последовательные преобразования измерительного сигнала. Эти элементы называют преобразовательными, а совокупность их, обеспечивающую осуществление всех преобразований,— измерительной цепью средства измерений (рис. 1.1).

Измерительная информация (например, температура) подводится к чувствительному элементу первичного измерительного преобразователя (термопаре). Передающий преобразователь служит для дистанционной передачи сигнала измерительной информации. Между первичным и передающим может находиться вторичный измерительный преобразователь. Последним в измерительной цепи являет-

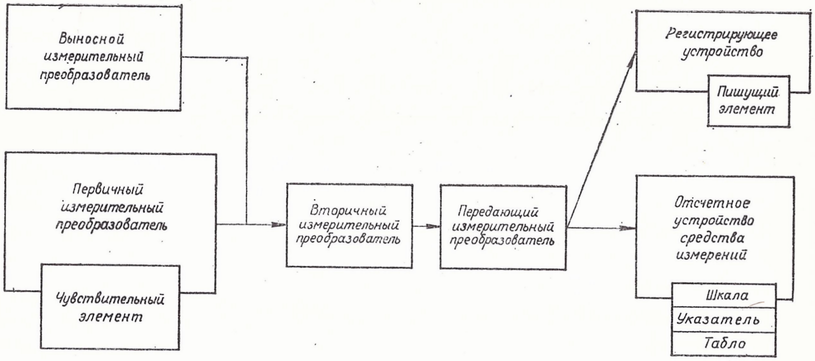


Рис. 1.1. Измерительная цепь средств измерений

ся устройство для отсчитывания значений измеряемой величины.

Возьмем, к примеру, структурную схему термоэлектрического термометра (рис. 1.2), состоящую из четырех элементов. В первом из них измеряемая температура T пре-

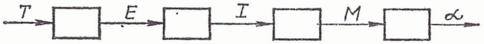


Рис. 1.2. Структурная схема термоэлектрического термометра

образуется в термоЭДС E. Во втором элементе E преобразуется в электрический ток I, в третьем — I преобразуется во вращающий момент M, а в четвертом — M преобразуется в отклонение стрелки на угол α шкалы с указанием определенного значения температуры T. В регистрирующем приборе имеется устройство, которое производит запись значений измеряемой величины на диаграмме.

1.4. ВИДЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ И ПОВЕРОК

Целью любого измерения является установление численного значения величины при заданной единице измерения. На этот процесс оказывает влияние ряд факторов: качество изготовления прибора, условия измерения (температура, влажность, давление и др.), метод измерения, индивидуальные особенности оператора. В результате представляется возможным установить лишь приближенное значение искомой величины, отличающееся от истинного на величину погрешности измерения,

Истинным значением величины считается значение, которое идеальным образом отражает в количественном и качественном отношениях соответствующее свойство объекта измерения. Действительное значение физической величины X — это значение, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что может быть использовано вместо него. Действительное значение величины определяют по образцовому средству измерения.

Алгебраическая разность между результатом измерения $X_{изм}$ и действительным значением измеряемой величины X называется абсолютной погрешностью измерения Δx:

$$\Delta x = X_{изм} - X. \qquad (1.2)$$

Значение величины, равное погрешности, но имеющее противоположный знак, называется поправкой, а частное от деления абсолютной погрешности измерения Δx на действительное значение измеряемой величины X — относительной погрешностью измерения.

Погрешность измерения складывается из погрешности средства измерения, или инструментальной, погрешности метода измерения и субъективной погрешности наблюдателя.

Погрешность средств измерений (γ) можно оценивать по приведенной погрешности, представляющей собой отношение погрешности измерительного прибора к нормирующему значению X_N:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta x \cdot 100}{X_N}, \ \%. \qquad (1.3)$$

Нормирующим считается условно принятое значение, которое может быть равным верхнему пределу измерений, их диапазону или длине шкалы.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности, т. е. класса точности прибора, должны соответствовать ГОСТ 8.401-80 «Классы точности средств измерений. Общие требования» и устанавливаются по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p, \ \%, \qquad (1.4)$$

где $\Delta = \pm a$ — пределы допускаемой абсолютной основной погрешности (a — положительное число); p — отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда $1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $(1{,}6 \cdot 10^n)$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $(3 \cdot 10^n)$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$; ($n = 1, 0, -1, -2$ и т. д.).

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \pm q, \%, \qquad (1.5)$$

где X — значение величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале; q — отвлеченное число.

Погрешности средств измерений можно разделить на динамические и статические. Динамической называется разность между погрешностью средств измерений в динамическом режиме (для измерения переменной во времени величины) и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени установившегося режима.

Погрешность средств измерений составляет 90—95% от погрешности измерения.

Погрешность метода измерений определяется его несовершенством, а также неполным знанием всех обстоятельств, сопровождающих измерения (например, неправильный учет сопротивления соединительных линий).

Субъективная погрешность наблюдателя складывается из погрешности отсчета, параллакса, или различного визирования стрелки, расположенной на некотором расстоянии от поверхности шкалы, и ошибки в интерполяции при отсчитывании (неточная оценка на глаз доли деления шкалы, соответствующей положению указателя).

В зависимости от условий выполнения измерений погрешности подразделяют на основные и дополнительные.

Основной называется погрешность средств измерений, находящихся в нормальных условиях. Эти условия в соответствии с ГОСТ 12997-76 характеризуются следующими метрологическими параметрами (влияющими величинами): температурой 293±5 К или 20±5°С (20±2°С для средств измерений класса точности 1,0 и более точных); относительной влажностью 30—80%; атмосферным давлением 101 325±3999, 66 Па; отклонением напряжения питания от номинального на ±2%; частотой питания переменного тока 50±0,5, 400±12 Гц.

Дополнительной считается погрешность, возникающая при отклонении условий работы прибора от нормальных, например, изменении температуры окружающей среды в рабочих условиях, т. е. таких, при которых значения влияющих величин (давление, электрическое поле, температура и др.) находятся в определенных для конкретного прибора пределах.

В зависимости от характера появления погрешности измерений бывают систематическими, случайными и грубыми.

Систематическая погрешность остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины. Ее влияние учитывают путем внесения поправок либо исключают схемно, конструктивно или технологически.

Случайная погрешность определяется случайным образом при повторных измерениях одного и того же значения величины.

Грубая погрешность существенно превышает ожидаемую при данных условиях и является следствием, например, неправильного отсчета по шкале или неверной записи результата измерения.

Систематические погрешности по характеру их проявления подразделяют на постоянные, переменные, прогрессирующие, периодические, а также изменяющиеся по сложному закону.

Постоянными считаются погрешности, сохраняющие неизменными свой знак и значение в продолжении всего процесса измерения.

К прогрессирующим относятся погрешности, которые либо возрастают, либо убывают во времени.

Погрешности, которые изменяют свой знак и значение в процессе измерения, называются переменными.

Практически погрешности прибора определяют путем сравнения нескольких отметок его шкалы с соответствующими отметками образцового средства измерения, т. е. путем поверки. Поверка средств измерений бывает государственной и ведомственной.

Государственную поверку осуществляют органы государственной метрологической службы: метрологические научно-исследовательские институты Госстандарта СССР и их филиалы, а также республиканские центры метрологии и стандартизации, республиканские, межобластные и межрайонные лаборатории государственного надзора за стандартами и измерительной техникой (ЛГН).

Ведомственная поверка проводится базовой метрологической службой или соответствующей службой предприятия (при наличии необходимого документа).

В зависимости от причин проведения государственных и ведомственных поверок их подразделяют на инспекционные, первичные, периодические и внеочередные.

1.5. ПАРАМЕТРЫ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

В приборах прямого преобразования имеется отсчетное устройство, предназначенное для отсчитывания значений измеряемой величины. Отсчетное устройство показывающего средства измерений состоит из шкалы и указателя. Шкала представляет собой совокупность отметок, соответствующих определенному значению измеряемой величины, и проставленных у некоторых отметок чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины. Отметка шкалы с числом отсчета называется числовой. Промежуток между двумя соседними отметками является делением шкалы, а расстояние между осями (центрами) двух соседних — длиной деления. Разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы, называется ценой деления.

Шкалы измерительных приборов бывают равномерными (с делениями постоянной длины) и неравномерными (с делениями, длина которых изменяется по квадратичному, логарифмическому или другому нелинейному закону).

Шкала имеет начальное и конечное значение, т. е. указанные на ней наименьшее и наибольшее значения измеряемой величины. Область шкалы, ограниченную этими значениями, называют диапазоном показаний. Допустимые для измерительного прибора погрешности могут быть нормированы лишь в области значений измеряемой величины, которая называется диапазоном измерений. Границы диапазона измерений, или наибольшее и наименьшее значения измеряемой величины, называются пределами измерений.

Шкала прибора может содержать числа отсчета в виде условных символов. Показание средства измерения при этом определяется по градуировочной характеристике, представляющей собой зависимость между значениями величины на выходе и входе средства измерений и составленной в виде таблиц, графиков или формул.

Показания измерительного прибора в определенной степени зависят от ряда физических величин, не измеряемых данным средством измерений, но оказывающих влияние на него. Такие величины называют влияющими. Стандартами или техническими условиями на средства измерений каждого вида устанавливаются области нормальных значений влияющих величин, а также их рабочие (расши-

ренные) области, в пределах которых допускается применение измерительного прибора.

Средства измерений наряду со специфическими свойствами — такими, как габаритные размеры, масса, назначение, область применения и др.,— обладают общими метрологическими характеристиками, которые определяют их качественные показатели. К этим характеристикам относится чувствительность, точность, стабильность, инерционность и метрологическая надежность.

Чувствительностью называют отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к изменению входной, или измеряемой, величины.

Различают абсолютную и относительную чувствительность. Первая определяется по формуле

$$S=\Delta l/\Delta x, \tag{1.6}$$

а вторая — по формуле

$$S_0=(\Delta l/l)/(\Delta x/X), \tag{1.7}$$

где Δl — изменение сигнала на выходе; X — измеряемая (входная) величина; l — выходная величина; Δx — изменение измеряемой величины

Наименьшее изменение измеряемой величины, вызывающее различимое изменение показаний измерительного прибора, называют порогом чувствительности, который выражают в единицах выходной величины. Наибольшее изменение измеряемой величины, не вызывающее изменений показаний прибора, называют зоной нечувствительности средства измерений.

Точностью средства измерений определяется степень достоверности показаний, т. е. отражается близость его погрешностей к нулю. Ее обычно характеризуют приведенной погрешностью. Класс точности прибора представляет собой обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей.

Стабильностью называется качество средства измерений, отражающее неизменность его метрологических свойств во времени. Одной из важных характеристик стабильности измерительного прибора является вариация его показаний. Абсолютной вариацией называется наибольшая разность между многократными показаниями прибора, соответствующими одному и тому же действительному значению величины, измеряемой при неизменных внешних условиях.

У работающих приборов вариацию легко обнаружить, если произвести ряд измерений, изменяя действительное значение величины от наименьшего до наибольшего, а затем в обратном порядке, и отмечая соответствующие этим значениям показания. Различные показания получаются вследствие трения и мертвого хода подвижных частей механизма прибора, неполной упругости пружин, старения материалов и других факторов.

Вариация исчисляется в процентах от диапазона шкалы средства измерений по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{X_{max} - X_{min}} \cdot 100, \qquad (1.8)$$

где Δx — наибольшая разность показаний при прямом и обратном ходе указателя; X_{max} и X_{min} — пределы показаний.

Инерционность средства измерений выражается в том, что его показания отстают от изменения измеряемой величины. Запаздывание показаний объясняется инерцией подвижных сборочных единиц или тепловыми процессами. Например, при измерении температуры горячего воздуха в сушиле манометрическим термометром требуется определенное время для нагрева рабочего тела в термобаллоне, передачи давления на чувствительный элемент и перемещения стрелки. Поэтому снимать показания надо по истечении времени, указанного в документации на прибор.

Метрологическая надежность характеризует способность средства измерений выполнять свои функции, сохраняя во времени значения метрологических характеристик в заданных пределах, соответствующих установленным режимам и условиям пользования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Наибольшей метрологической надежностью и стабильностью обладают измерительные приборы Государственной системы приборов (ГСП). Эти средства измерений состоят из унифицированных блоков, имеющих единые параметры входных и выходных сигналов. На метрологическую надежность в значительной степени влияет качество ремонта, производимого после появления метрологического отказа.

ГЛАВА 2

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Температура — физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела.

Во многих отраслях промышленности температура является одним из важных параметров, точное определение которого гарантирует высокое качество изделия, полуфабриката и технологического процесса.

Согласно стандарта СТ СЭВ 1052—78 «Метрология. Единицы физических величин» основной единицей температуры в системе СИ принят кельвин (К). Кроме единицы температуры в виде кельвина T допускается применять также единицу измерения температуры в градусах Цельсия t, определяемую из выражения

$$t=T-T_0, \quad (2.1)$$

где $T_0=273{,}15$ К.

В зависимости от назначения и выполняемых функций различают средства измерения температуры, приборы для сигнализации температуры и автоматические устройства для ее регулирования.

2.2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Существуют следующие группы средств измерения температуры: термометры расширения (жидкостные и манометрические), термоэлектрические преобразователи, термопреобразователи сопротивления, вторичные измерительные приборы и устройства, пирометры излучения.

2.2.1. Жидкостные термометры

Принцип действия жидкостных термометров основан на использовании теплового расширения жидкостей — ртути, спирта и др. Применяются они для измерения температуры от —200 до +650°С.

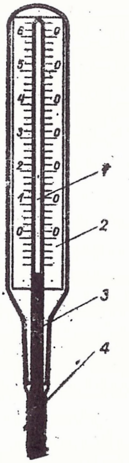


Рис. 2.1. Устройство жидкостного термометра:

1 — стеклянный капилляр, *2* — шкала, *3* — жидкость, *4* — стеклянный резервуар

Основными элементами термометра (рис. 2.1) являются: стеклянный резервуар 4 цилиндрической, шаровой или иной формы с припаянным к нему стеклянным капилляром 1 и расположенная вдоль капилляра шкала 2, градуированная в °С. Весь резервуар и часть капилляра заполняет жидкость 3.

С возрастанием температуры объем жидкости увеличивается и ее столбик в капилляре поднимается. Верхний конец столбика служит указателем температуры.

Градусная шкала наносится либо непосредственно на внешнюю поверхность толстостенного капилляра (палочные термометры), либо на специальную пластинку, расположенную внутри внешней стеклянной оболочки (термометр с вложенной шкалой), либо на прикладную пластинку, к которой прикрепляется капилляр (термометр с наружной шкалой).

Термометры рассчитаны на измерение температуры при полном погружении.

Основные метрологические характеристики жидкостных промышленных термометров приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные метрологические характеристики жидкостных промышленных термометров

Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Погрешность, °С
ТП-4	От —5 до +75	0,5	±1
ТП-7	20—160	1	±1 (в пределах 20—100°С) ±2 (в пределах 101—160°С)
СП-2А	0—100	1	±2
СП-12	0—70	1	±1
СП-24	20—50	0,5	±1
СП-35	200—300	1	±2
ТН-5	30—100	0,2	±0,2
ТР-I	0—60	0,1	±0,01
ТР-II	55—155	0,02	±0,01
ТР-III	140—300	0,05	±0,05
ТКР	0—4	0,01	±0,015
ТЛ-2	От —30 до +360	1	От ±1 до ±4

Примечание. Термометрическая жидкость для термометров СП-2А — керосин, СП-12 — толуол, для остальных — ртуть.

При измерении необходимо вводить поправку Δ на температуру t, если она отлична от 20°С:

$$\Delta = 0{,}00016 \cdot K(20 - t), \qquad (2.2)$$

где К — коэффициент видимого теплового расширения жидкости (для ртути он равен 0,00016°С; для толуола — 0,0012°С; для керосина — 0,00093°С$^{-1}$).

Жидкостные термометры просты в эксплуатации, достаточно точны, взрывобезопасны и имеют равномерную шкалу. К недостаткам следует отнести большую тепловую инерционность, невозможность автоматической записи показаний и передачи их на расстояние. Кроме того, для жидкостных термометров характерно термическое последействие стекла (депрессия), в результате чего временно искажаются показания и нарушается зависимость объема жидкости резервуара от температуры. Поэтому необходимо периодически определять положение точки 0°С; значение ее смещения алгебраически вычитается из величины поправок, приведенных в паспорте термометра.

2.2.2. Манометрические термометры

Основным элементом манометрического термометра является герметическая термосистема, которая состоит из термобаллона, воспринимающего температуру измеряемой среды, соединительного дистанционного капилляра и упругого чувствительного элемента. Система заполнена рабочим веществом, изменяющим свои параметры (давление, объем) под воздействием температуры.

Манометрические термометры относятся к приборам прямого преобразования и служат для дистанционного измерения температуры до 1000°С. Выпускаются термометры следующих классов точности: 1; 1,5; 2,5; 4. В зависимости от термометрического вещества, заполняющего систему, они подразделяются на газовые (азот, гелий), жидкостные (спирт, ртуть) и конденсационные (пары ацетона, метила и др.).

Манометрический термометр (рис. 2.2) действует по следующей схеме: изменение давления рабочего вещества в термобаллоне 9 через соединительную трубку 8 воспринимается манометрической пружиной 5, которая, раскручиваясь, через передаточный механизм, состоящий из тяги 7, трибки 3 и сектора 4, приводит в движение стрелку 1 относительно шкалы прибора 2.

На рис. 2.3 показана электрокинематическая схема сигнализирующего манометрического термометра типа ТСМ.

Основные характеристики манометрических термометров

Тип	Пределы измерения, °С	Погрешность, %
		Показы
ТКП-160	0—50, 0—120	±1,5 и ±2,5**
ТГП-160	0—100, 0—150, 0—200, 50—150, 100—300	±1,5 и ±2,5**
ТКП-60СI*	0—120, 50—150	±2,5 и ±4**
ТПП4-III*	0—60, 0—100, 25—125, 100—200	±1,5 и ±2,5**
ТПГ-4	0—100, 0—150, 0—200	±1 и ±1,5**
ТПЖ-4	50—150	±1 и ±1,5**
ТПГ-СК*	0—100, 0—150, 0—200	+2,5
ТПП-СК*	0—60, 0—100, 100—200, 50—150	±2,5 и ±4**
		Самопи
ТГС-711	0—100, 0—150, 0—200	±1 и ±1,5
ТГС-712	50—150	±1 и ±1,5
ТЖС-711	0—50, 0—100, 0—150	±1 и ±1,5
ТЖС-712	0—200, 50—150	±1 и ±1,5

* С сигнализацией.
** На первой трети шкалы.

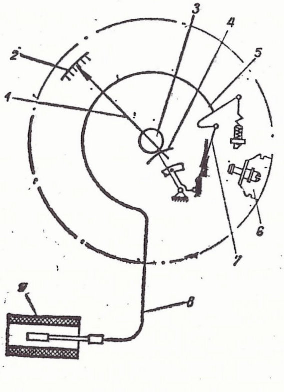


Рис. 2.2. Принципиальная схема манометрического термометра:

1 — стрелка, *2* — шкала, *3* — трибка, *4* — сектор, *5* — манометрическая пружина, *6* — демпфер, *7* — тяга, *8* — соединительная трубка, *9* — термобаллон

Герметически замкнутая система состоит из термобаллона 15, соединительной трубки (дистанционного капилляра) 16 и манометрической пружины 17. Деформация пружины 17 посредством рычажного передаточного устройства 13, 19 вызывает отклонение показывающей стрелки 3 по шкале 1 прибора. С осью 14 стрелки жестко связаны контактные щеточки 11, скользящие по двум секторам с контактами 10, 9. Один из секторов связан с желтым 4, а другой с красным 2 передвижными указателями, установленными на требуемую отметку шкалы при помощи арретира 7. Замыкание соответствующего контакта происходит при подходе показывающей

Таблица 2.2

Длина погружения термобаллона, мм	Длина капилляра, мм
вающие	
100, 125, 160, 200, 250, 315, 400	1,6; 2,5; 4; 6
160, 200, 250, 315, 400, 500	1,6; 2,5; 4; 6
—	1,6; 2,5; 4; 6
125, 160, 200, 250	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16
160, 200, 250, 315, 400	1,6; 2,5; 4; 6
160, 200, 250, 315, 400	1,6; 2,5; 4; 6
160, 200, 250, 315, 400, 500, 630	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25
125, 160, 200, 250	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16
шущие	
160, 200, 250, 315, 400, 500, 630	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40
160, 200, 250, 315 400, 500, 630	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40
80, 100, 125, 160, 200	1,6; 2,5; 4; 6; 10
250, 315, 400, 500	1,6; 2,5; 4; 6; 10

Примечания. 1. Время одного оборота диаграммы для термометров ТГС-711, ТГС-712, ТЖС-711, ТЖС-712 — 12 и 24 часа; 2. Температура окружающей среды от 5 до 50°С.

стрелки 3 к передвижному указателю 4. При повышении температуры происходит замыкание контакта, соответствующего красному передвижному указателю 2, причем первый контакт, соответствующий желтому указателю 4, остается замкнутым.

Основные характеристики манометрических термометров приведены в табл. 2.2.

Источниками погрешностей при измерении температуры манометрическими термометрами являются: гистерезис манометрической пружины, деформация которой нарушает однозначную зависимость давления в термосистеме от показаний термометра при прямом и обратном ходах; отклонение атмосферного давления от нормального, вследствие чего изменяется действующее на манометрическую пружину давление, равное разности между давлением в термосистеме и атмосферным; изменение высоты положения термобаллона относительно манометрической пружины; изменение упругости манометрической пружины вследствие отклонения ее температуры от нормальной.

К недостаткам манометрических термометров следует отнести их большую инерционность, относительно невысо-

кую точность измерений, трудность ремонта при разгерметизации термосистемы, необходимость частых поверок (гистерезис пружины).

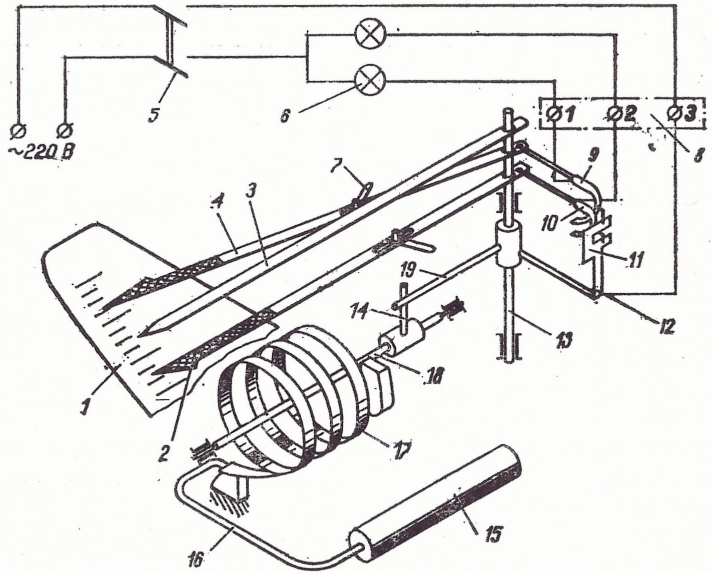


Рис. 2.3. Электрокинематическая схема сигнализирующего манометрического термометра:

1 — шкала, *2* — красный передвижной указатель, *3* — показывающая стрелка, *4* — желтый передвижной указатель, *5* — выключатель, *6* — сигнальные лампочки, *7* — арретир, *8* — разъемная колодка; *9, 10* — секторы с контактами, *11* — контактные щеточки, *12* — поводок, *13, 19* — рычажное передаточное устройство, *14* — ось стрелки, *15* — термобаллон, *16* — соединительная трубка (дистанционный капилляр), *17* — манометрическая пружина, *18* — вал

2.2.3. Термоэлектрические преобразователи

Измерение температуры с помощью термоэлектрических преобразователей основано на использовании термоэлектродвижущей силы, возникающей в цепи прибора при помещении его рабочего конца в измеряемую среду.

Термоэлектрические преобразователи состоят из двух проводников (термоэлектродов), изготовленных из различных металлов и сплавов в виде проволок диаметром 0,5—3 мм. Термоэлектроды соприкасаются только в рабочем конце, на остальной длине они изолируются друг от друга с помощью фарфоровых трубок. От механических повреж-

дений и воздействия вредных газов преобразователи защищают чехлом.

Для установки измерительного прибора на значительном расстоянии от преобразователя применяются компенсационные (удлинительные) провода. В приложении 1 приведены типы компенсационных проводов, применяемых с различными типами преобразователей, их маркировка, значения термоЭДС и их допустимые отклонения от термоЭДС соответствующих преобразователей.

Термоэлектрические преобразователи различают:

по способу контакта с измеряемой средой: погружаемые и поверхностные;

по наименованию материала: ТВР — термоэлектрический преобразователь вольфрамрениевый, ТПР — платинородиевый, ТПП — платинородий-платиновый; ТХА — хромель-алюмелевый; ТХК — хромель-копелевый;

по условиям эксплуатации: стационарные и переносные;

по герметичности по отношению к измеряемой среде: обыкновенные и герметичные;

по инерционности: малоинерционные (МИ), средней инерционности (СИ), большой инерционности (БИ), ненормированной инерционности (НИ). Показатели тепловой инерции термоэлектрических преобразователей различных исполнений приведены в табл. 2.3;

Таблица 2.3

Значения показателя тепловой инерции термоэлектрических преобразователей в зависимости от исполнения

Исполнение	Показатель тепловой инерции преобразователей, с	
	погружаемых	поверхностных
Малоинерционные	5	10
Средней инерционности	6	120
Большой инерционности	180	300

по количеству горячих спаев в одной зоне: одинарные и двойные;

— по количеству зон: однозонные и многозонные.

Типы термоэлектрических преобразователей стандартных градуировок и диапазоны измеряемых температур приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Основные характеристики термоэлектрических преобразователей

Тип	Пределы измерений, °С	Инерционность, с
ТХА-0806	0—1000	—
ТХА-280М	0—900	—
ТПР-1408М	1300—1800	5
ТПР-0555	300—1600	40
ТХА-0806	0—1000	210
ТХА-1489	0—1000	—
ТХА-1172	0—900	2—30

Первичный преобразователь типа ТПР имеет стабильную градуировочную характеристику в интервале температур 1200—1500°С. Предел основной допустимой погрешности (Δ_e) вычисляется по формуле: в диапазоне температур от 300 до 1800°С

$$\Delta_e = 0{,}01 + 3{,}3 \cdot 10^{-5} (t - 300),\ \text{мВ}; \qquad (2.3)$$

в диапазоне температур от 0 до 300°С

$$\Delta t = (3{,}2 - 5{,}17)\,°\text{С}. \qquad (2.4)$$

Преобразователь типа ТПП можно применять в качестве образцового: он не боится окислительной среды. К недостаткам его можно отнести слабую чувствительность и высокую стоимость термоэлектродного материала.

Предел основной допустимой погрешности определяется с помощью формул: в диапазоне температур от 300 до 1600°С

$$\Delta_e = 0{,}01 + 2{,}5 \cdot 10^{-5} (t - 300),\ \text{мВ}; \qquad (2.5)$$

в диапазоне температур от 0 до 300°С

$$\Delta_e = 0{,}1\ \text{мВ или}\ \Delta t = 1{,}23\,°\text{С}. \qquad (2.6)$$

Градуировочная характеристика преобразователя типа ТХА близка к линейной, при невысоких температурах он

устойчив к окислительной атмосфере. Для температур от 300 до 1300°С определяется по формуле:

$$\Delta_e=0,16+2\cdot10^{-4}(t-300),\ мВ; \qquad (2.7)$$

при температуре до 300°С

$$\Delta_e=0,16\ мВ\ или\ \Delta t=4°С. \qquad (2.8)$$

Преобразователь типа ТХК развивает термоЭДС, значительно превышающую термоЭДС других преобразователей, но он менее жаростойкий. В диапазоне температур от 300 до 800°С

$$\Delta_e=0,2+6\cdot10^{-4}(t-300),\ мВ; \qquad (2.9)$$

при температуре до 300°С

$$\Delta_e=0,2\ мВ\ или\ \Delta t=2,16°С. \qquad (2.10)$$

2.2.4. Термопреобразователи сопротивления

Термопреобразователь сопротивления состоит из чувствительного элемента, который под воздействием температуры изменяет активное сопротивление электрическому току, и наружной арматуры (защитная труба, штуцер для крепления термометра и головка для подсоединения проводов). Чувствительный элемент изготовляется обычно из меди и платины. Для определения показателя температуры используется измеряющий активное сопротивление, но градуированный в единицах температуры вторичный прибор (например, логометр).

Технические термопреобразователи сопротивления различают:

по способу контакта с измеряемой средой: погружаемые и поверхностные;

по инерционности: с большой инерционностью (БИ), со средней инерционностью (СИ), с малой инерционностью (МИ);

по числу зон, в которых измеряется температура: однозонные и многозонные;

по защищенности от внешней и измеряемой среды: негерметичные и герметичные;

по количеству чувствительных элементов для измерения температуры в одной зоне: одинарные и двойные;

по точности: первый класс (К-I); второй класс (К-II), третий класс (К-III);

по количеству выводных проводников: с двумя, тремя и четырьмя проводниками;

по условиям эксплуатации: стационарные и переносные.

В табл. 2.5 приведены основные характеристики термопреобразователей сопротивления.

Таблица 2.5

Основные характеристики общепромышленных термопреобразователей сопротивления

Тип	Пределы измерения, °C	Класс точности	Градуировка	Показатель тепловой инерции, с	Длина монтажной части, мм	Объект (среда) измерения
ЭСП-01 (чувствительный элемент)	От —260 до +750	К-I, К-II	21,22	9	—	Жидкая, окислительная
ТСП-5071		К-II		20	120—2000	Газообразная, жидкая, неагрессивная и агрессивная
ТСМ-5071	От —50 до +150	К-III	23,24	40		
ТСП-175	От —50 до +500	К-II		20	80—3200	Жидкая, газообразная

2.2.5. Вторичные измерительные преобразователи средств измерения температуры

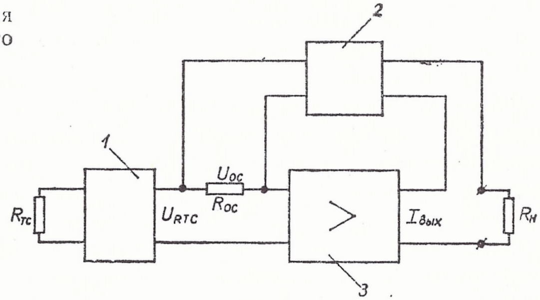
Вторичным измерительным, или нормирующим, называется преобразователь, который переводит естественный выходной сигнал первичного преобразователя (перемещения, напряжения, сопротивления) в унифицированный сигнал — электрический или пневматический.

Унифицированный сигнал, посредством которого передается информация, обладает унифицированными параметрами, обеспечивающими информационное сопряжение (интерфейс) между приборами.

Под унифицированным параметром понимается определенное значение силы постоянного или переменного тока, напряжения, частоты, давления воздуха. Пределы изменения токовых входных и выходных сигналов: постоянного тока — 0—5 мА, 0—20 мА; напряжения — 0—10 мВ, 0—100 мВ, 0—1 В, 0—10 В; переменного тока — 0—0,25 В, 0—2 В. Рабочий диапазон изменения выходных пневматических сигналов лежит в пределах 0,02—0,1 МПа при номинальном значении давления питания 0,14 МПа.

На рис. 2.4 показана структурная схема измерительного преобразователя ПТ-ТС-68, предназначенного для линейного преобразования естественного сигнала термопреобразователей сопротивления в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 0—5 мА.

Рис. 2.4. Структурная схема измерительного преобразователя ПТ-ТС-68:



1 — измерительный мост, *2* — устройство обратной связи, *3* — усилитель постоянного тока

Изменение выходного сигнала U_{RTC} измерительного моста 1 пропорционально изменению сопротивления термопреобразователя $R_{тс}$, включенного в одно из плеч моста. Выходное напряжение U_{RTC} моста почти полностью уравновешивается напряжением обратной связи U_{oc}. Часть сигнала, оставшуюся неуравновешенной, усиливает усилитель 3 с токовым выходом, откуда ток поступает на нагрузку и в устройство обратной связи 2. Токи на выходе и входе устройства строго пропорциональны между собой. Выходной ток обратной связи, проходя по сопротивлению R_{oc}, создает на нем напряжение U_{oc}.

При достаточно большом коэффициенте усиления постоянного тока усилителя 3 обеспечивается зависимость

$$I_{вых} = \frac{U \cdot R_{тс}}{n \cdot R_{oc}}, \qquad (2.11)$$

где $U \cdot R_{тс}$ — напряжение на выходе измерительного моста, обусловленное изменением сопротивления термопреобразователя; R_{oc} — резистор обратной связи; n — коэффициент передачи устройства обратной связи; $I_{вых}$ — выходной ток преобразователя, мА.

2.2.6. Милливольтметры и логометры для измерения температуры

Милливольтметры и логометры представляют собой приборы магнитоэлектрической системы, предназначенные для измерения, записи и регулирования температуры. Их различают:

по назначению: показывающие, показывающие и регистрирующие, сигнализирующие и регулирующие;

по числу пределов измерения: однопредельные и многопредельные;

по количеству контролируемых точек: 1, 3, 4, 6, 8, 10 и 12 точек;

по классу точности: 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5;

по конструктивному исполнению: переносные и щитовые.

Милливольтметр работает в комплекте с термоэлектрическим преобразователем. При размещении преобразователя и милливольтметра на определенном расстоянии показания последнего будут зависеть от значения сопротивления соединительных проводов. Для подгонки внешнего сопротивления к стандартному значению последовательно с термоэлектрическим преобразователем и соединительными проводами во внешнюю цепь включают уравнительную катушку.

Внешнее сопротивление, суммированное с сопротивлением преобразователя, соединительных проводов и уравнительной катушки, должно иметь стандартное значение, указанное на шкале милливольтметра.

Для переносных милливольтметров, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями градуировки ПП и ПР, внешнее сопротивление $R_{вн}=1{,}6$; 5 или 15 Ом; для щитовых — 5 или 15 Ом. Для переносных и щитовых приборов, работающих в комплекте с преобразователями градуировки ХК и ХА, $R_{вн}=0{,}6$; 5 или 15 Ом.

Диапазоны измерений и градуировки милливольтметров соответствуют табл. 2.6, а их характеристики приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.6

Диапазоны измерений и градуировки первичных преобразователей милливольтметров для измерения температуры

Тип термопреобразователя	Обозначение градуировки	Диапазон измерений, °С
ТХА	ХА	0—900, 0—1100, 0—1300, 400—900, 600—1100, 700—1300
ТПП	ПП	0—1300, 0—1600, 500—1300
ТПР	ПР 30/6	1000—1600, 1000—1800, 0—1600, 0—1800
Телескоп пирометра	РК-20 и РК-15	600—1200, 700—1400, 700—1500
	РК-20 и РС-20	900—1800
	РК-20	800—1600
	РК-20, РС-20, РС-25	1200—2000

Таблица 2.7

Основные характеристики милливольтметров для измерения температуры

Тип	Градуировка	Внешнее сопротивление, Ом	Погрешность, %	Температура окружающего воздуха, °C	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
1	2	3	4	5	6	7
Показывающие						
М-64	ХК	0,6	±1,5	10—35	3	100×200×233
	ХА, ПП	5; 15				
МВУ6-АС с блоком БУ	ХК, ХА	0,6; 5; 15	±1	5—50	1,9	160×30×272
	ПП	5; 15				
	ПР-30/6					
	Гр. 20, 21, 22, 23, 24	5; 15				
Ш 4500	По ГОСТ 9736-81	15	±1; ±1,5	От —40 до +60	3	200×100×244
Ш 69003	ХА, ХК		±2	5—50	3,5	120×120×220

Продолжение табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7
			Регулирующие			
МР-64-02	ХК	0,6; 5; 15	±1,5	10—35	4	100×200×275
	ХА	0,6; 5				
	ПП	15				
	ПР-30/6	5; 15				
МВУ6-К с блоком БУ1 или БУ2	НС	0,6; 5; 15	±1	5—50	4,3	160×30×272
Ш4501	По ГОСТ 9736-81	15	±1; ±1,5	От —40 до +60	4,5	200×100×290
МР-64-ОЗИП	По ГОСТ 9736-81	По ГОСТ 9736-81	±1,5			220×100×275

Принцип работы логометра (рис. 2.5) основан на взаимодействии поля постоянного магнита и магнитных полей, создаваемых токами, которые протекают в двух рамках подвижной системы. Равновесие подвижной системы определяется отношением токов I_1 и I_2 в рамках, благодаря чему колебания напряжения питания практически не влияют на точность показаний прибора.

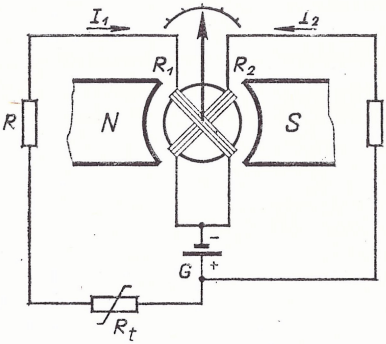


Рис. 2.5.
Принципиальная схема пирометрического логометра

Логометры работают в комплекте с термопреобразователями сопротивления стандартных градуировок. Сопротивления соединительных линий для логометров равны 5 или 15 Ом. Для подгонки сопротивления до значения, указанного на приборе, служат уравнительные катушки.

Термопреобразователи сопротивления присоединяются по двухпроводной или трехпроводной схеме. В первом случае изменение сопротивления соединительных проводов дает дополнительную погрешность, но применение высокоомного термопреобразователя значительно снижает ее, так как сопротивление проводов составляет незначительную часть общего сопротивления. При трехпроводной схеме сопротивление каждого соединительного провода и уравнительной катушки подгоняют отдельно, их суммарное сопротивление должно быть равно половине сопротивления линии, указанного на приборе. Такую схему применяют при значительных колебаниях температуры в местах прокладки соединительных линий.

Диапазоны измерений и градуировки логометров должны соответствовать табл. 2.8; их основные характеристики приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.8

Диапазоны измерений и градуировки логометров

Тип термопреобразователя сопротивления	Номинальное сопротивление термопреобразователя при 0°С, Ом	Обозначение градуировки преобразователя	Диапазон измерений, °С
ТСП	10	Гр.20	0—300, 0—400, 0—500, 0—650, 300—650
ТСП	46	Гр.21	От —200 до —70, от —120 до +30, от —70 до +180, от —50 до +50, 0—100, 0—150, 0—200, 0—300, 0—400, 0—500, 200—500
ТСП	100	Гр.22	От — 200 до —70, от —120 до +30, от — 90 до +50, от —70 до +180, от —50 до +50, от —25 до +25, 0—50, 0—100, 0—150, 0—200, 0—300, 0—400, 0—500, 200—500
ТСМ	53	Гр.23	От —50 до 0, от —50 до +50, от —50 до +100, 0—50, 0—100, 0—150, 0—180, 50—100, 0—60,4 (для измерения вакуума)
ТСМ	100	Гр.24	От —50 до 0, от —50 до +50, от —50 до +100, от —25 до +25, 0—25, 0—50, 0—100, 0—150, 50—100; 0—180

Таблица 2.9

Основные характеристики логометров

Тип	Внешнее сопротивление, Ом	Погрешность, %	Температура окружающей среды, °С	Масса, кг	Градуировка	Габаритные размеры, мм
Показывающие						
Л-64					Гр.21, 22, 23	100×200×233
Л-64И	5; 15	±1,5	10—35	3	Гр.21, 22, 23, 24	
ЛМ-06	5	±2	0—60	2,7	Гр.21, 22, 23	110×110×191
Ш69002	15		5—50	3,5	По ГОСТ 9736-81	120×120×220
Регулирующие						
ЛР-64-02	5; 15	±1,5	10—35	4	Гр. 21, 22, 23, 24	100×200×275
Ш69006			5—50	3,5		

2.2.7. Аналоговые автоматические измерительные приборы

К аналоговым автоматическим измерительным приборам относятся автоматические потенциометры, уравновешенные автоматические мосты переменного и постоянного тока. Принцип их действия основан на компенсационном методе измерения с автоматическим уравновешиванием.

Для связи с другими устройствами Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) в аналоговые автоматические измерительные приборы могут быть встроены различные преобразователи с выходным унифицированным сигналом.

Аналоговые автоматические измерительные приборы различают:

по виду отсчетного устройства: показывающие и регистрирующие;

по типу исполнения: с регулирующими устройствами, с задатчиками для регулирующих устройств, с дополнительными устройствами для сигнализации и выдачи электрических или пневматических унифицированных сигналов;

по количеству контролируемых точек: одноточечные и многоточечные;

по типу регистрации: в прямоугольных и полярных координатах;

по количеству пределов измерения: однопредельные и многопредельные;

по классам точности: 0,25; 0,5; 1; 1,5.

Среди аналоговых автоматических измерительных приборов большую группу составляют приборы комплекса КС, которые относятся к ГСП.

Приборы этого комплекса, выпущенные в настоящее время, в зависимости от габаритных размеров, длины и вида шкалы подразделяют на серии, указанные в табл. 2.10.

Основные характеристики автоматических потенциометров приведены в табл. 2.11.

Измерение с помощью автоматического потенциометра типа КСП3 (рис. 2.6) производится методом автоматической компенсации путем сравнения неизвестной термоЭДС E_x, создаваемой термоэлектрическим преобразователем или радиационным пирометром, с падением напряжения на калиброванном реохорде.

Компенсационная схема потенциометра состоит из измерительной схемы с реохордом R_p, имеющим ползунок,

Таблица 2.10

Основные характеристики приборов комплекса КС

Серия	Габаритные размеры, мм	Ширина диаграммной ленты, мм	Длина шкалы, мм	Вид шкалы	Вид прибора
КП1	160×200×500	Нет	300	Плоская дуговая	Показывающий
КС1	160×200×500	100	100	Прямоугольная	Показывающий и регистрирующий
КС2	240×320×482	160	160	„	То же
КС3	320×320×380	Дисковая бумага Д-1250 ГОСТ 7826-81	600	Плоская дуговая	„
КС4	400×400×367	250	250	Прямоугольная	„
КВ1	240×160×533	Нет	500	Круглая вращающаяся	Показывающий

Основные характеристики автоматических потенциометров

Тип	Погрешность, %		Количество точек измерения	Скорость продвижения диаграммы, мм/ч
	показаний	записи		
Показывающие				
КПП1	±0,5	—	1	—
КВП1	±0,5	—	1—12	—
Показывающие и регистрирующие				
КСП1	±1	±0,1	1	10—120
КСП2	±0,5	±1	1—2	20—2400
КСП3	±0,5	±0,1	1	24*
КСП4	±0,25	±0,5	1—12	20—54000 60—7200**

* Время одного оборота диаграммы.
** У многоточечных приборов.

усилителя У с преобразователем В, электродвигателя Д и источника питания. Электродвигатель через редуктор Р связан с ползунком К, стрелкой и пером. Действие компенсационной схемы сводится к автоматическому перемещению ползунка по реохорду в сторону уменьшения напряжения рассогласования (разности термоЭДС и падения напряжения на реохорде) до тех пор, пока оно не станет равным нулю. Таким образом, положение ползунка и связанных с ним стрелки и пера прибора однозначно определяет значение термоЭДС, а следовательно, и значение измеряемой температуры.

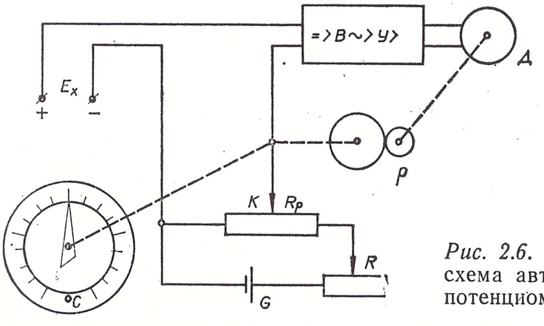


Рис. 2.6. Функциональная схема автоматического потенциометра типа КСП3

Функциональная схема автоматического моста типа КСМ3 (рис. 2.7) представляет собой уравновешенный мост, состоящий из резисторов $R_а$, $R_в$, $R_с$, сопротивления реохорда $R_р$ с ползунком К и сопротивления R_x термоэлектрического преобразователя ТС.

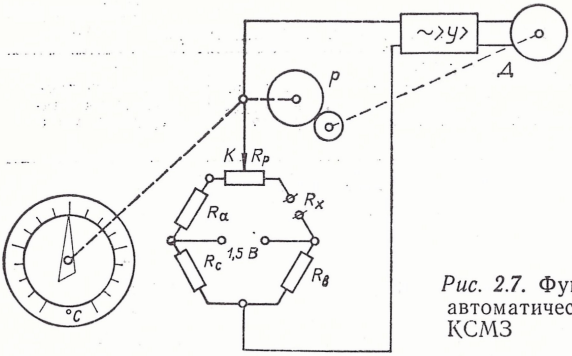


Рис. 2.7. Функциональная схема автоматического моста типа КСМЗ

В одну из диагоналей моста подается напряжение 1,5 В, другая диагональ подключена к входу уравновешивающей системы, состоящей из усилителя У и электродвигателя Д, который через редуктор Р связан с ползунком К реохорда, стрелкой и пером прибора. При изменении контролируемой температуры изменяется сопротивление термопреобразователя, что выводит из равновесия мостовую схему. Появляется напряжение рассогласования, которое через уравновешивающую систему вызывает перемещение ползунка по реохорду к положению, обеспечивающему уравновешивание мостовой схемы. Таким образом, положение ползунка К и связанных с ним стрелки и пера прибора однозначно определяет значение сопротивления термопреобразователя, а следовательно, и значение измеряемой температуры.

2.2.8. Пирометры излучения

Пирометром излучения называется прибор, служащий для измерения температуры по тепловому излучению тел.

Типы пирометров различают:

по спектральной области: оптические, использующие излучения видимой области спектра, и инфракрасные (для невидимой области спектра);

по ширине спектрального интервала: радиационные (суммарного излучения), использующие энергию широкой спектральной области; частичного излучения (яркостные), работающие в узкой спектральной области; пирометры отношения (цветовые), действие которых основано на измерении отношения энергии в разных спектральных диапазонах;

по назначению: промышленные (широкого применения), лабораторные и микропирометры для измерения темпе-

Таблица 2.12

Основные характеристики пирометров

Тип	Пределы измерений, °C	Поддиапазоны измерений, °C	Погрешность, °C	Потребляемая мощность, Вт	Показатель визирования	Номинальное расстояние до объекта, м
1	2	3	4	5	6	7
ПИРС-019	20—300	20—100, 40—150, 50—200, 100—300	±2, ±2,5, ±3, ±4,5,	6	1/5	1
РАПИР	400—2500	400—1500 (РК-15)* 900—2000 (РС-20) 1200—2500 (РС-25)	±15 ±20 ±30	—	1/20	—
ПИРС-040	50—300 (модификация 01) 300—600 (модификация 02)	50—100 100—200 200—300 300—400 400—500 500—600	±2 ±4 ±4,5 ±6 ±7,5 ±9	0,5	1/7	1
ОППИР-017	800—6000	800—1400 1200—2000	±20 ±30	0,8	—	0,7
ОМП-054	800—4000	800—1400 1200—2000 1800—4000	±14 ±20 ±50 (до 3200°C) ±90 (до 4000°C)	1,2	1/300	0,17
ВИМП-015	400—4000 1200—2000	800—1400 1200—2000	±14 ±20	1,2	1/2000	Не менее 0,2

Продолжение табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7
«Проминь»	800—4000	800—1400	±12	1,1	1/100	0,7
		1200—2000	±20			
		1800—4000	±50 (в пределах 1800—3200°С)			
			±90 (в пределах 3201—4000°С)			
ЛМП-066	800—4000	800—1400	±14	1,2	1/3000,	0,17
		1200—2000	±20		1/4000	
		1800—4000	±50			
ФЭП-4М	600—1600	600—1100	±6	60	1/20	1
		900—1600				
ПИТ-1	1350—1650	—	+17	160	1/60	—
ФЭМП-021	900—3600	—	±10 (до 1000°С)		1/2000	0,4
			±36 (выше 1000°С)	100	1/1800	1,2
					1/1600	2
ФИТ-028М	500—1600	500—1100	±11	100	1/20	2
ФИТ-028М-01	500—1600	800—1300	+13	100	1/50	1
ФИТ-028М-02	500—1600	1100—1600	+16	100	1/100	1
Спектропир-4-01	1200—1700	—	±17	50	1/100	1
Спектропир-6	900—2200	900—1300	+13	45	1/25	0,12
		1200—1600	±16		1/25, 1/50	
					1/75	
		1200—1800	±18		1/50	
		1600—2200	±22		1/100	

* В скобках указаны градуировки поддиапазонов измерений.

Примечания. 1. Напряжение питания для пирометров ПИРС-040 — 12,5В; ОППИР-017 — 2,5 В; ОМП-054, ВИМП-015, ЛМП-066, «Проминь» — 6В; остальных — 220В (с частотой 50 Гц); 2. Для пирометра ПИРС-040 при температуре окружающего воздуха +50°С возникает дополнительная погрешность ±6°С; 3. Наименьший размер измеряемого объекта для пирометров ОМП-054 и ВИМП-015 — 0,08 мм; 4. Инерционность пирометра ПИРС-019 — 2 с; РАПИР и ПИРС-040 — 4 с; Спектропир-6, ПИТ-1 — 1 с; Спектропир-4-01 — 30 с, ФИТ-028М — 0,005 с.

ратуры тел малого размера. Выделяют также визуальные пирометры с исчезающей нитью, в которых уравниваются яркости специальной нити сравнения и изображения объекта;

по времени установления показаний: малоинерционные (время установления показаний до 0,5 с), средней инерционности (до 2 с), большой инерционности (более 2 с). Под временем установления показаний понимают временной интервал от момента облучения телескопа до момента, когда сигнал достигает 98% номинального значения, развиваемого термобатареей при соответствующей температуре излучателя.

Основные характеристики пирометров приведены в табл. 2.12.

2.3. СИГНАЛИЗАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ

К сигнализаторам температуры относятся устройства, обеспечивающие замыкание или размыкание электрических цепей при достижении заданных значений температуры. Выполняются они в виде отдельных устройств (аппаратные) и встроенными в термометры и термопреобразователи, а также в показывающие или регистрирующие приборы (приборные).

2.3.1. Аппаратные сигнализаторы температуры

К аппаратным сигнализаторам температуры относятся ртутные термоконтакторы, ртутные контактные термометры, биметаллические, полупроводниковые и дилатометрические сигнализаторы.

2.3.1.1. РТУТНЫЕ ТЕРМОКОНТАКТОРЫ

Ртутные стеклянные термоконтакторы предназначены для поддержания постоянной температуры или сигнализации о достижении заданной температуры в диапазоне от —20 до +300°С. Их различают:

по количеству контактов: одноконтактные и двухконтактные;

по исполнению: прямого (П) и углового (У);

Таблица 2.13

Значение погрешностей контактирования в зависимости от диапазона температур и класса точности, °С

Диапазон температур	Допустимые пределы погрешности установки точек контактирования по классам			
	1	2	3	4
От —20 до 0	±0,4	±1	±2	±3
Свыше 0 до 100	±0,2	±0,5	±1	±2
Свыше 100 до 200	—	±1	±2	±3
Свыше 200 до 300	—	±2	±3	±5

по точности контактирования: четырех классов точности (табл. 2.13).

Термоконтактор выполняется в виде стеклянного ртутного баллона палочного типа с впаянными в капилляр платиновыми контактами. Замыкание цепи происходит на рабочем контакте; к соединительному контакту подключается минус источника цепи постоянного тока.

Основные характеристики термоконтакторов приведены в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Основные характеристики термоконтакторов

Тип	Температура контактирования, °С	Погрешность, °С	Общая длина, мм	Длина нижней части h, мм	Диаметр d, мм
ТК-1А	От —5 до +70	±2	50—600	50—300	5—7
ТК-2А	0—100	+3			
ТК-3А	100—200	±5			
	100—300				
ТК-4А	5—50				
	100—150				
	150—200				
	140—200				
ТК-7	+205	±5	240	—	6
ТК-8	+80	±1	50	—	5
ТК-11	+45		65	—	6
ТК-11А	+25; +35	±0,2	100	—	5
ТК-12	37,5; 37,9	±8	245	—	6
ТК-20	69	±2	58	—	5
ТК-25	25	±1	150	—	6
ТК-40А	30—40	±0,8	—	120	
ТК-49	16—17	±0,5	125	—	
ТК-52А	7; 8; 10; 16—34; 30—50; 70; 80; 90: 100	±0,5 (7—50) ±2 (70—100)	120	—	
ТК-53БМ	От —35 до +100	±0,025	250	100	9
ТК-53ММ			170	60	6
ТК-54	18—62,5	±0,2	205	—	6

2.3.1.2. РТУТНЫЕ КОНТАКТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Контактные термометры, действие которых основано на способности ртути служить проводником электрического тока, предназначены для замыкания и размыкания электрической цепи с целью поддержания в среде заданной температуры или сигнализации о ее достижении.

Существуют два типа ртутных контактных термометров: а) с заданной температурой контактирования; б) с переменным контактом и магнитной регулировкой. Они могут быть прямыми или с углом наклона 90°.

Основные характеристики контактных термометров приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Основные характеристики ртутных контактных термометров

Тип	Пределы шкалы, °С	Погрешность контактирования, °С	Цена деления шкалы, °С	Интервалы между контактами, °С	Длина, мм	
					верхней части	нижней части
ТК-5А	0—50	±1	1; 2	5	200	80—1050
	0—100			10		
	0—200		2; 5	10		
	0—300		5	30		
ТК-6А	0—50	±2	1	5	330	80—500
	50—100			10		
	От —30 до +70		2			
	0—100					
	50—150					
	100—200					
	150—250					
	200—300			30		

Примечания. 1. Количество точек контактирования — одна, две, три; 2. Точки контактирования выше 250°С наносятся без температурной шкалы; 3. Диаметр оболочки термометра до 18 мм; 4. Погрешность контактирования: при одной точке для пределов измерения 0—100°С ±1°С, 101—200°С ±2°С, 201—300°С ±3°С; при двух или трех точках для пределов измерения 0—100°С ±2°С, 101—200°С ±3°С, 201—300°С ±5°С.

2.3.1.3. ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛИЗАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ

В устройствах сигнализации и автоматического контроля температуры жидкой или газовой среды применяется температурное реле ТР-200У4. Принцип действия его основан на использовании разности коэффициентов линейного расширения инвара и латуни.

Предел контролируемых температур для реле 25—200°С; погрешности срабатывания ±5°С; температура окружающего воздуха 1—35°С; масса 0,25 кг; габаритные размеры ⌀ 44×136 мм.

2.4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

2.4.1. Основные определения и понятия

Совокупность управляемых объектов и управляющих ими технических устройств образует систему автоматического регулирования (САР).

Физическая величина, заданное значение которой необходимо поддерживать или изменять по определенному закону с помощью САР, называется регулируемой величиной (например, температура). С целью поддержания требуемого значения регулируемой величины на нее необходимо оказывать регулирующее воздействие. Физическая величина, с помощью которой осуществляется это воздействие, называется регулирующей величиной (например, количество воздуха, жидкости).

Место приложения воздействия называется входом, а место, в котором фиксируется реакция САР на воздействие,— выходом системы.

Схема САР изображена на рис. 2.8.

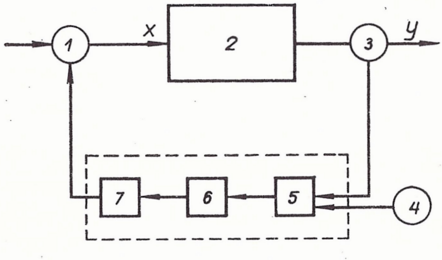


Рис. 2.8. Структурная схема системы автоматического регулирования (САР):
x — регулирующая величина,
y — регулируемая величина,
1 — регулирующий орган,
2 — объект,
3 — преобразователь (датчик), *4* — задатчик,
5 — элемент сравнения,
6 — управляющий элемент,
7 — исполнительный механизм

На объекте 2 регулируемая величина y (например, температура) измеряется преобразователем (датчиком) 3, сигнал от которого поступает в элемент сравнения 5, в котором измеренная величина сравнивается с заданным зна-

чением от задатчика 4. Сигнал рассогласования поступает в управляющий элемент 6, в котором формируется регулирующее воздействие, поступающее на исполнительный механизм 7, который управляет регулирующим органом 1. Последний изменяет значение регулирующей величины x в сторону уменьшения сигнала рассогласования. Элементы 5, 6, 7, ограниченные пунктирной линией, составляют автоматический регулятор.

Регулятор представляет собой комплекс устройств, воспринимающих на входе сигналы от преобразователей регулируемой величины и осуществляющих на выходе перемещение регулирующего органа исполнительного механизма для поддержания заданного значения регулируемой величины. Формирующая часть регулятора, воспринимающая на входе сигналы от преобразователей регулируемой величины и дающая на выходе сигнал, предназначенный для управления исполнительным механизмом, называется регулирующим устройством.

Математическое выражение функциональной связи между входным сигналом и положением выходного элемента — регулирующего органа исполнительного механизма принято называть законом регулирования.

У регуляторов температуры имеется зона нечувствительности, т. е. такой диапазон изменения входного сигнала, внутри которого отсутствует перемещение регулирующего органа исполнительного механизма. Зона нечувствительности выражается в процентах от диапазона изменения регулируемой величины. Она может быть регулируемой (Р) и нерегулируемой (НР).

Заданное значение температуры, которое должно поддерживаться регулятором, носит название уставки. Шкала, имеющая неоцифрованные отметки, соответствующие верхнему, нижнему и промежуточному значениям контролируемого параметра в диапазоне уставок, называется информационной шкалой.

2.4.2. Классификация регулирующих устройств

Типы регулирующих устройств различают:

в зависимости от закона регулирования: пропорциональные (П), интегральные (И), пропорционально-интегральные (ПИ), пропорционально-дифференциальные (ПД) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД);

по количеству каналов регулирования: одноканальные и многоканальные;

по классам точности: 0,25; 0,5; 1; 1,5;

по характеру регулирования во времени: непрерывные и прерывистые (позиционные, импульсные);

по зависимости от постороннего источника энергии: использующие и не использующие его;

по конструктивному выполнению: приборные, т. е. встроенные в измерительные приборы прямого действия, автоматические электронные измерительные приборы и термопреобразователи; аппаратные, выполненные в виде отдельных аппаратов;

по количеству значений выходного сигнала: однопозиционные; двухпозиционные, имеющие две выходные команды: «Больше нормы» и «Меньше нормы»; трехпозиционные («Меньше нормы», «Норма», «Больше нормы»).

2.4.3. Регуляторы температуры, работающие без использования постороннего источника энергии

Регуляторы температуры (РТ), работающие без использования постороннего источника энергии, предназначены для регулирования температуры с диапазоном настройки от —20 до +300°С. Они подразделяются на две группы: прямого и непрямого действия.

2.4.3.1. РЕГУЛЯТОРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Структурная схема регулятора прямого действия показана на рис. 2.9, а.

Рис. 2.9. Структурная схема регуляторов температуры прямого (а) и непрямого (б) действия, работающих без использования постороннего источника энергии

Изменение регулируемого параметра ΔX преобразуется чувствительным элементом (термосистемой) в изменение силы ΔF_x или изменение перемещения ΔH_x. Соответственно изменение задаваемого значения регулируемой темпе-

ратуры $\Delta t_н$ преобразуется настроечным элементом в изменение условия $\Delta F_н$ или перемещения $\Delta H_н$. В элементе сравнения сигналы от чувствительного и настроечного элементов сравниваются. Перемещения $\Delta H (\Delta H = \Delta H_x - \Delta H_н)$ или $\Delta F (\Delta F = \Delta F_x - \Delta F_н)$ преобразуются в изменение расхода среды ΔQ.

Регуляторы температуры прямого действия различают:

по типу термосистемы: дистанционные и недистанционные;

Таблица 2.16

Основные характеристики регуляторов температуры прямого действия

Тип	Регулируемая среда	Диаметр условного прохода, мм	Коэффициент пропускной способности, м³/ч	Диапазон настройки, °C	Температура окружающей среды, °C	Нечувствительность, не более, °C	Погрешность установки по шкале, °C
РТ-15	Вода, пар, газ	15	2,5	20—60	От —30 до +50	1	±3
РТ-20		20	4	40—80			
РТ-25		25	5	60—100			
РТ-40		40	16	80—120			
РТ-50		50	25	100—140			
РТ-80		80	60	140—180			
РТП-32	Вода, масло дизельное	32	16		От —5 до +50	0,5	±3
РТП-60		60	40				
РТП-80		80	100				
РТП-100		100	160				
РТП-125		125	250				
РТП-150		150	400	35—60			
РТПД-60	Вода, масло дизельное	60	40	60—85	От —5 до ±50	1	
РТПД-80		80	100	85—110			
РТПД-100		100	160				
РТПД-125		125	250				
РТПД-150		150	400				
РТП-32Б	Вода, антифриз	32		70 ±2	От —50 до +60	—	±2
РТП-32Б РТК-5215-ТК-15	Воздух	15	0,25—2,5	15—30	5—40		

Примечания. 1. Условное давление РТ-80 составляет 0,6 МПа, РТК-5215-ТК-15 — 1,6 МПа, остальных приборов — 1 МПа; 2. Регуляторы РТ и РТПД — дистанционные, остальные — недистанционные; 3. Длина капилляра у дистанционных регуляторов – 1,6; 2,5; 4; 6 и 10 м.

по назначению: с дросселирующим, смесительным или разделительным регулирующими органами;

по температуре регулирующей среды: тип А (от —30 до +100°С), тип Б (от —15 до +225°С) и тип В (от 50 до 320°С);

по инерционности: с постоянной времени 40, 60 и 100 с;

по виду чувствительного элемента: с адсорбционной или абсорбционной термосистемой (давление при изменении температуры изменяется за счет адсорбции или абсорбции газа наполнителем); с газовой термосистемой (при изменении температуры изменяется давление газа); с парожидкостной термосистемой (при изменении температуры изменяется давление насыщенных паров); с жидкостной манометрической термосистемой (жидкость имеет большой коэффициент объемного расширения); с термосистемой с твердым наполнителем (наполнитель имеет большой коэффициент объемного расширения); дилатометрические (используется разность увеличения длины стержней при нагревании); биметаллические (основанные на изгибе пластин, выполненных из двух материалов с разными коэффициентами линейного расширения).

Основные характеристики регуляторов температуры прямого действия приведены в табл. 2.16.

2.4.3.2. РЕГУЛЯТОРЫ НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Структурная схема регулятора непрямого действия показана на рис. 2.9,б.

Управляющее устройство предназначено для преобразования изменения регулируемого параметра ΔX в изменение командного давления ΔP, подаваемого к исполнительному устройству регулятора; это устройство, в свою очередь, служит для изменения расхода или соотношения расходов потоков среды ΔQ, проходящей через регулирующий клапан, в зависимости от изменения командного давления $\Delta \mathrm{P}$ управляющего устройства.

Регуляторы температуры непрямого действия не получили широкого распространения вследствие сложности конструкции и меньшей надежности по сравнению с регуляторами прямого действия. Они применяются преимущественно для установки на трубопроводах большого диаметра.

2.4.4. Аппаратные автоматические регулирующие устройства

По принципу действия чувствительного элемента аппаратные автоматические устройства для регулирования температуры можно разделить на манометрические, полупроводниковые (термисторные), биметаллические и дилатометрические.

2.4.4.1. МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Действие манометрических регулирующих устройств основано на использовании свойства насыщенных паров низкокипящей жидкости внутри замкнутого сосуда изменять давление при изменении температуры среды. Эти устройства различают:

по характеру выходного сигнала: с электрическим или пневматическим выходным сигналом;

в зависимости от диапазона измеряемого параметра: дистанционные для температуры от —60 до +600°С (термопреобразователь удален от прибора); дистанционные для температуры от —30 до +100°С; камерные — от —50 до +60°С (термопреобразователь встроен в прибор);

по типу исполнения: щитовые, для настенного монтажа и для монтажа на трубопроводе;

в зависимости от шкалы: со шкалами с числовыми отметками, с информационными шкалами, бесшкальные и комбинированные;

по положению зоны нечувствительности *: с зоной, направленной в сторону повышения (относительно уставки) температуры контролируемой среды; с зоной, направленной в сторону уменьшения температуры контролируемой среды.

Основные характеристики манометрических регулирующих устройств приведены в табл. 2.17.

Датчики-реле ** температуры ТР-1-02Х, ТР-1-02ХП, ТР-1Б, ТР-2Б предназначены для контроля, сигнализации и автоматического двухпозиционного регулирования температуры жидких и газообразных сред.

---

* Зоной нечувствительности называется разность значений температуры при ее повышении и понижении в момент срабатывания выходного устройства.

** Автоматический прибор, обеспечивающий скачкообразное изменение выходного сигнала при изменении значения контролируемого параметра.

Основные характеристики манометрических регулирующих устройств

Тип	Диапазон уставок *, °С	Зона нечувствительности, °С	Погрешность срабатывания, °С
ТР-1-02Х, ТР-1-02ХII	От −20 до +10	2,5—21	±1,2
ТР-1Б+ ТР-2Б	От −35 до +60	6	+4% от диапазона уставок
ТР-5-ОМ5	От −35 до +100	2,5—6	±1 на средней отметке шкалы
ТР-1ВМ-02	От −20 до +10	2,5—8	
ТР-1ВМ-03	5—35		±1
ТР-2А-06ТМ+	60—160	16	±5
ТР4-К, ТР4-КХ	100—350	2—25	±5% диапазона 100—300, ±25°С в интервале 300—350°С
ТР5-К	50—150	2—10	±8
ТРП	От −5 до +120	1	
АРТ-2		6—10	±2
АРТ-2А	От −20 до −10	6—10	
ТРХ-1	От −6 до −14	8	±1,25
ТРХ-2	От −4 до −11	7	
ТЖ-В	8—25	0,5—1,5	±0,8
Т-1М	17,5—27,5	2,5	±1

* Зона температур, в пределах которой можно произвести уставку.
** Длина капилляра, соединяющего термобаллон с прибором.

Таблица 2.17

Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды, °C	Дистанционность,** м	Габаритные размеры, мм	Масса. кг
150 Вт при 380 В переменного тока; 300 Вт при 220 В и 127 В переменного тока; 30 Вт при 220 В постоянного тока	От —15 до +50	3	85×61×117	0,8
	От —40 до +60		104×71×175	1,6
	От —30 до +50	1, 5, 3, 4, 10	104×71×160	2,6
300 Вт при 220 В переменного тока; 30 Вт при 24 В постоянного тока	От —30 до +50	—	166×105××250	3,2
300 Вт при 220 В переменного тока; 150 Вт при 380 В переменного тока с индуктивной нагрузкой		3	104×71×170	2,2
3 кВт при 220 В трехфазного переменного тока; 4,5 кВт при 220 В — трехфазного переменного тока	5—55	1,5	124×80×128	1,5
300 Вт при 220 В переменного тока и индуктивной нагрузке	0—50	2, 5, 6	140×104××106	2,3
180 Вт при активной нагрузке	От —20 до +40	0,6	76×41,5×65	0,25
		1		
500 Вт при 220 В и 127 В переменного тока	От —50 до +50	0,75	61×44×41,5	0,1
100 Вт при 110 В постоянного тока и индуктивной нагрузке	От —50 до +40	—	230×90×60	1,5
10 Вт при 220 В и 127 В переменного тока	5—35	0,6	47×2×74	0,4

Примечания. 1. Для приборов ТР4-К и ТР4-КХ при температуре свыше 325°C допускается увеличение зоны нечувствительности до 35°C; 2. У регуляторов, отмеченных крестиком, замыкание контактов происходит при понижении температуры, у остальных — при повышении.

Таблица 2.18

Основные характеристики полупроводниковых регулирующих устройств

Тип	Диапазон уставок, °C	Зона нечувствительности, °C	Погрешность срабатывания, °C	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды, °C	Потребляемая мощность, Вт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ПТР-2 ПТР-3	От —30 до +100	0,5—5	±1	50 Вт при 220 В постоянного тока; 500 Вт при 220 В переменного тока	10—35	7	106×114×221	4
ПТР-П		1,2—4				10		
ПТР-2М	От —20 до +13	2—3	±0,6	150 Вт при 220 В переменного тока	От —40 до +50	7		3,2
ПТРВ-2Т	От —40 до +100	0,5—12	±(0,6—2)	500 Вт при 220 В переменного тока	3—45	15	186×126××160	3
ПТРВ-3Т								
ПТРВ-ПТ		1,5—12	±(0,6—1)					
ПТРД-2	От —5 до +5	0,2	±0,5	—	0—35	7	160×200××190	3,5
ТР-4ПР	20—120	0—5	±1,5	40 Вт при 110 В и 75 В постоянного тока и индуктивной нагрузке	0—70	25	270×172××156	4,2
ТР-4ПРМ							246×172××156	
РНТ-1Э	0—125	2	±3	150 Вт при 220 В переменного тока	От —50 до +50	6	106×114××221	2,2

Примечания. 1. Регуляторы ПТР-2, ПТР-2М, ПТВР-2Т выпускаются в двух вариантах: А — замыкание контактов происходит при повышении температуры, Б — при понижении; 2. Максимальное расстояние между прибором и термосистемой — 300 м; 3. Напряжение питания РНТ — 24В, ТР — 75В постоянного тока, остальные — 220В, 50 Гц переменного тока; 4. Прибор РНТ-1Э имеет контактный (реле РЭС-10) и бесконтактный выходы (сигнал напряжением 5В на нагрузке 2,2 кОм).

2.4.4.2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Чувствительным элементом полупроводниковых регулирующих устройств является термистор, у которого с повышением температуры уменьшается сопротивление. Основные характеристики этих устройств приведены в табл. 2.18.

2.4.4.3. БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Принцип действия биметаллических регулирующих устройств заключается в использовании свойства биметаллической пружины (пластины или спирали) изгибаться при повышении температуры измеряемой среды. Основные характеристики устройств приведены в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Основные характеристики биметаллических регулирующих устройств

Тип	Диапазон уставок, °С	Зона нечувствительности, °С	Погрешность срабатывания, °С	Разрывная мощность контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ТБ-ЭЗК-01	0—20	2—6	±2	100 Вт при 220 В переменного тока и индуктивной нагрузке	65×120×45	0,35
ТБ-ЭЗК-02	10—30					
ТБ-ЭЗК-03	25—45					
ДТКБ	От —30 до +50	2—8	± (1—2,5)	50 Вт при 220 В переменного тока и индуктивной нагрузке; 50 Вт при 127 В постоянного тока	90×95×58	0,3
РТБП-П	5—30	1	±0,5	—	67×62,5×127	0,65
РТБП-0	30—5					

Примечание. Температура окружающей среды 5—35°С.

Для технологических процессов, связанных с поддержанием заданного значения температуры, применяют датчик-реле ТБ-ЭЗК.

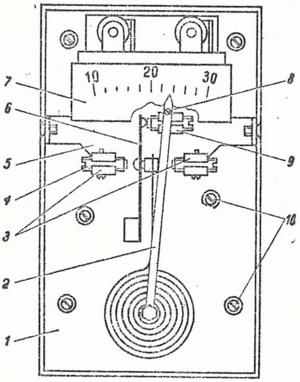


Рис. 2.10. Конструкция датчика-реле температуры ТБ-ЭЗК:

1 — основание, *2* — указатель, *3, 9* — стойки, *4* — контактный винт, *5* — кронштейн, *6* — чувствительный элемент (термоэлемент) с контактами, *7* — шкала, *8* — фиксирующий винт, *10* — невыпадающие винты

Прибор (рис. 2.10) состоит из основания 1, крышки и монтажной панели. На основании размещены чувствительный элемент (термоэлемент) с контактами 6, стойки 3 и 9 с контактными винтами 4, кронштейн 5 с двумя импульсными двухпозиционными переключателями. Основание крепится к монтажной панели невыпадающими винтами 10, которые одновременно являются проводниками тока от монтажной панели к клеммам прибора.

Поворачивая указатель 2 и фиксируя его винтом 8, устанавливают температуру по шкале 7. Изменение температуры окружающей среды приводит к изменению положения свободного конца термоэлемента.

Прибор имеет четыре управляющие контактные пары и два переключателя. Замыкание любой из контактных пар вызывает срабатывание переключателя. При повышении температуры выше установленной на шкале происходит поочередное замыкание двух контактных пар, что вызывает включение — выключение нагрузки (холод). При понижении температуры ниже установленной на шкале происходит замыкание двух других контактных пар, что вызывает включение — выключение второй нагрузки (тепло).

2.4.4.4. ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Действие дилатометрических регулирующих устройств основано на использовании свойства твердых тел изменять свои линейные размеры при изменении температуры. Основные характеристики устройств приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Основные характеристики дилатометрических регулирующих устройств

Тип	Диапазон уставок, °С	Зона нечувствительности, °С	Погрешность *, %	Давление среды, МПа (кг/см²)	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды, °С	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ТРДЭ-101	0—40	1, 2, 3, 4, 5	±2,5		Допустимый ток 2 А при 24 В постоянного тока и 0,5 А при 220 В переменного тока	От —30 до +50	122×390×102	2,5
ТРДЭ-201	От —30 до +40	—	±1,5					
ТРДЭ-301	30—100	2, 4, 6, 8, 10	±2,5	6,4 (64)				
ТРДЭ-801	0—250							
(ТДЭ-11 ТДЭ-12 ТДЭ-12М	50—400	10	±2	1,6 (16)	Допустимый ток 3 А при омической нагрузке и напряжении от 3 до 250 В переменного тока	5—70	152×422×60 ТДЭ-11 и ТДЭ-21 114×445×60 (ТДЭ-12, ТДЭ-12М, ТДЭ-22)	1
и ТДЭ-21 ТДЭ-22	400—1000							
ТУДП-М-1 ТУДП-М-1А	0—40	50% погрешности	±1,5	6,4 (64)	—	5—50	68×505×825	2,5
ТУДП-М-2	От —30 до +20							
ТУДП-М-3 ТУДП-М-3А ТУДП-М-4 ТУДП-М-5 ТУДП-М-6 ТУДП-М-7 ТУДП-М-8А	3—100							

* Указана основная допустимая погрешность в процентах от диапазона уставок.

Примечание. При монтаже устройств типа ТРДЭ следует применять кабель КНРБГ4×1,5 или МКШЭ7×0,75; при подключении МКШЭ необходимо к каждой клемме подводить по две жилы, а к винту внутреннего заземления — одну.

2.4.5. Устройства системы «Каскад»

Система «Каскад» может использоваться для автоматизации теплоэнергетических установок на заводах, производящих химические волокна, электроприводов, построения аналоговых моделей. Большое быстродействие приборов позволяет применять эту систему для регулирования температуры процесов, время протекания которых составляет от 0,2 до 2000 с.

По функциональному назначению приборы системы «Каскад» делятся на группы: регулирующие, алгебраические, измерительные и логические блоки, динамические и нелинейные преобразователи, блоки управления, задающие и вспомогательные устройства.

Основные характеристики регулирующих и задающих устройств приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Основные характеристики регулирующих и задающих устройств системы «Каскад»

Тип	Сопротивление нагрузки	Потребляемая мощность, Вт	Масса, кг
Р-12 Р-13	3 кОм	15	7
Р-21 Р-23	0,08 кОм	30	8
А-04	3 кОм	8	6
А-31 А-32 А-33			5
И-04	20 кОм	10	6
Л-02	Контакты реле		
Л-04	3 кОм	15	5
Н-02		8	
Н-04		20	
Д-01 Д-03	1,5 кОм	15	6
Д-24	100 мОм	—	
БУ-12	3 кОм	5	1,5
БУ-21			1
ЗУ-11			0,2
ЗУ-05	3 кОм	5	1
ЗУ-55	2,5 кОм	20	1

Примечания. 1. Напряжение питания 220 В, 50 Гц; 2. Монтаж щитовой, утопленный; 3. Блоки работоспособны при температуре окружающего воздуха 5—50°С, наличии магнитного поля до 400 А/м, поперечной помехи (размещена к входным клеммам блока) до 50 мВ, продольной помехи (размещена между любой входной клеммой и корпусом блока) до 100 В.

Регулирующие блоки подразделяются на непрерывные и релейные. Непрерывные (Р-12, Р-13) служат для формирования закона регулирования, управления исполнительными механизмами, а также для динамического преобразования входных сигналов по пропорциональному, пропорционально-интегральному и пропорционально - интегрально - дифференциональному законам регулирования. Релейные (Р-21, Р-23) применяются в составе автоматических регуляторов с исполнительными механизмами постоянной скорости, совместно с которыми обеспечивают формирование пропорционально-инте-

грального закона регулирования. Блок Р-23 обеспечивает дистанционное переключение динамических параметров. Максимальная мощность нагрузки — 8 Вт. Электрические схемы соединений регулирующих блоков изображены на рис. 2.11.

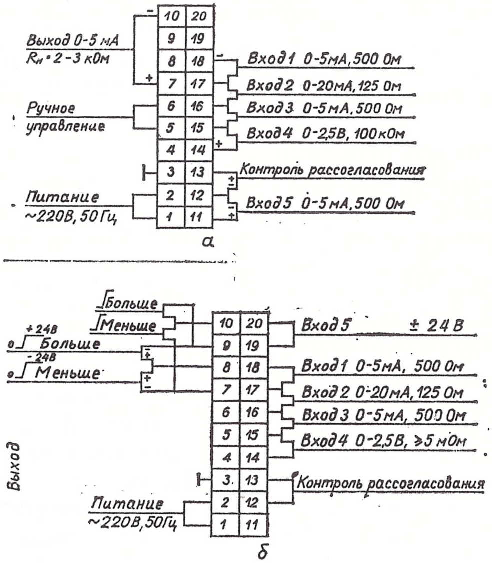


Рис. 2.11. Схемы соединений регулирующих блоков системы «Каскад»:

а — аналогового Р-12, *б* — релейного Р-21

Алгебраический блок суммирования А-04 предназначен для алгебраического суммирования токовых сигналов. Его закон преобразования выражается зависимостью

$$I_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^{4} \gamma_i \cdot I_{\text{вх}i} + I_{\text{см}}, \tag{2.12}$$

где $I_{\text{вх}}$ — входные токовые сигналы; γ_i — независимые коэффициенты масштабирования; $I_{\text{см}}$ — дискретное смещение выходного сигнала, используемого при суммировании разнополярных сигналов ($I_{\text{см}}=2{,}5$ мА).

Алгебраический блок умножения и возведения в квадрат А-31 применяется в схемах автоматического регулирования температуры в качестве вычислительного или корректирующего устройства, формирующего выходной сигнал, пропорциональный произведению двух входных сигналов. Блок выполняет операцию умножения в соответствии с зависимостью

$$I_{\text{вых}} = 0{,}2 \cdot I_{\text{вх}1} \cdot I_{\text{вх}2}. \tag{2.13}$$

При объединении входов операция возведения в квадрат выполняется в соответствии с зависимостью

$$I_{вых}=0{,}2\cdot I^2_{вх}\ (мА). \qquad (2.14)$$

Алгебраический блок деления А-32 служит для формирования выходного токового сигнала, равного отношению двух токовых сигналов на входе, выполняя операцию согласно следующей зависимости:

$$I_{вых}=I_{вх1}:I_{вх2}. \qquad (2.15)$$

Алгебраический блок извлечения квадратного корня А-33 формирует выходной сигнал, пропорциональный квадратному корню из входного сигнала. Операция выполняется в соответствии с зависимостью

$$I_{вых}=\sqrt{5\cdot I_{вх}}\ (мА). \qquad (2.16)$$

Входным сигналом алгебраических блоков является унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 мА; блок А-33 имеет один вход, блоки А-31 и А-32 — два, а блок А-04 — четыре входа. Выходной сигнал такой же по уровню, как и входной, при сопротивлении нагрузки не более 3 кОм. Пульсация выходного сигнала составляет не более 0,8% от диапазона изменения входного.

Основная погрешность преобразования для блока А-04 составляет ±1,5% от верхнего предела выходного сигнала; блока А-31—±1%; блока А-32—±1% в диапазоне изменения 1—5 мА, ±10% в диапазоне 0,25 — 1 мА; блока А-33 — ±1% в диапазоне изменения входного сигнала 0,5—5 мА, ±5% в диапазоне 0—0,5 мА.

Измерительный блок И-04 применяется в схемах автоматического регулирования температуры для суммирования четырех токовых сигналов, формирования сигнала задания и сигнала рассогласования, характеризующего отклонение температуры от ее заданного значения. Прибор предназначен для утопленного монтажа на вертикальной плоскости в закрытых взрывобезопасных помещениях при отсутствии в окружающем воздухе агрессивных компонентов.

Уровень входных сигналов (диапазон) составляет 0—5 мА постоянного тока. На вход блока И-04 может подаваться сигнал от выносного потенциометрического задатчика ЗУ-11, работающего в комплекте с блоком. Сигнал, соответствующий заданному значению, можно установить и с помощью встроенного в блок корректора в диапазоне 0—100% «грубо» и 0—10% «точно» с точностью ±10%. Выходной сигнал блока представляет собой напряжение постоянного тока с линейным диапазоном изменения 0—2,5 В при сопротивлении нагрузки не менее 20 кОм. Коэф-

фициент масштабирования по каждому входу настраивается в пределах 0—1. Пределы плавного изменения коэффициента пропорциональности — 0—500 мВ/мА.

Логический блок переключения Л-02 служит для двухпозиционного переключения выходных цепей в зависимости от соотношения между входным сигналом и его заданным значением. Может применяться в схемах сигнализации предельных значений регулируемых температур, для автоматического подключения резервных элементов систем регулирования и для дискретного изменения параметров настройки.

Логический блок сравнения Л-04 предназначен для выделения и воспроизведения на выходе наибольшего (наименьшего) из входных сигналов. Максимальная зона нечувствительности составляет 5% от верхнего предела любого из входных сигналов.

Блок ограничения Н-02 обеспечивает ограничение сигнала по минимуму и максимуму.

Блок нелинейного преобразователя Н-04 применяется для линеаризации нелинейных характеристик и воспроизведения различных зависимостей. На вход блока подается унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 и 0—20 мА. Выходной сигнал представляет собой унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 мА при сопротивлении нагрузки не более 3 кОм с пульсацией до 0,8%. Коэффициент пропорциональности блока для сигнала 0—5 мА составляет 1±10%, для 0—20 мА — 0,25±10%.

Динамический преобразователь дифференцирования Д-01 обеспечивает формирование выходного сигнала, характеризующего скорость изменения входного сигнала, и может формировать пропорциональную зависимость между ними. Динамический преобразователь дифференцирования Д-03 выполяет те же функции, что и преобразователь Д-01, но допускает дистанционное трехступенчатое изменение установленных заранее значений постоянной времени дифференцирования.

Основные метрологические характеристики динамических преобразователей: диапазон изменения выходного сигнала постоянного тока —5÷0÷+5 мА; диапазон изменения входных сигналов постоянного тока 0—5 мА, 0—20 мА, 0—2,5 В; пульсация выходного сигнала 0,5% от номинального диапазона его изменения; сопротивление нагрузки 0—2,5 кОм.

Блоки выполнены по блочно-модульному принципу. Каждый блок состоит из шасси 1 (рис. 2.12), жестко свя-

занного с передней панелью 5 и вставленного в корпус 4, рассчитанный на щитовой утопленный монтаж на вертикальной панели щита 2. Крепление корпуса к щиту осуществляется с помощью рамы 3, которая винтами прижимает корпус к наружной стороне щита. На задней стороне корпуса размещена клеммная колодка 6, к которой подключаются внешние соединения.

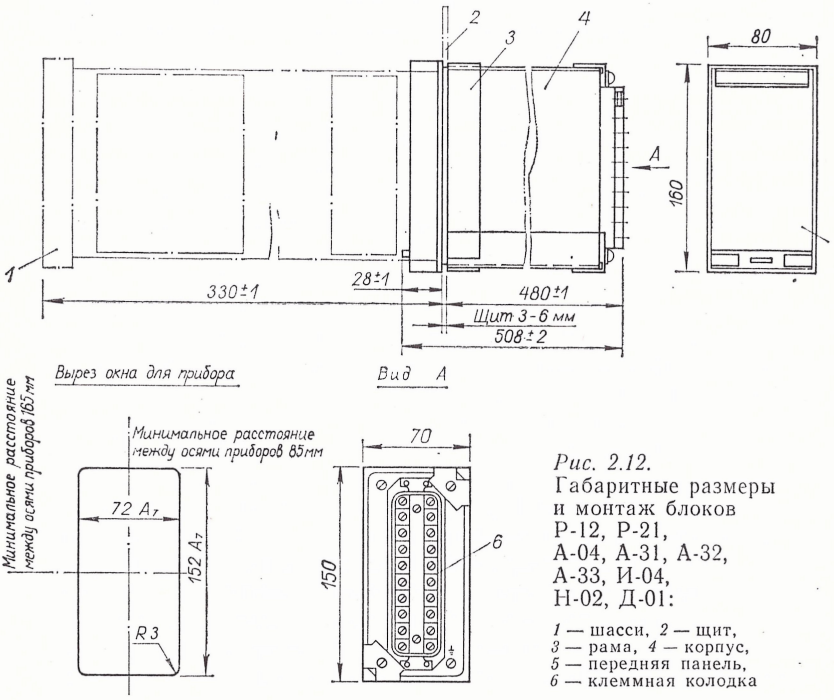


Рис. 2.12. Габаритные размеры и монтаж блоков Р-12, Р-21, А-04, А-31, А-32, А-33, И-04, Н-02, Д-01:

1 — шасси, *2* — щит, *3* — рама, *4* — корпус, *5* — передняя панель, *6* — клеммная колодка

Блок управления аналогового регулятора БУ-12 используется в комплекте с регулирующими блоками Р-12 и Р-13 и служит для переключения управления выходными цепями с автоматического на ручное и обратно, а также для ручного управления током нагрузки. Габаритные и установочные размеры блока указаны на рис. 2.13.

Блок управления релейного регулятора БУ-21 обеспечивает ручное переключение управления нагрузкой релейного регулирующего блока с автоматического на ручное и обратно, а также коммутацию цепей ручного управления. Электрическая схема соединений блока управления

БУ-21 изображена на рис. 2.14, габаритные и установочные размеры указаны на рис. 2.15.

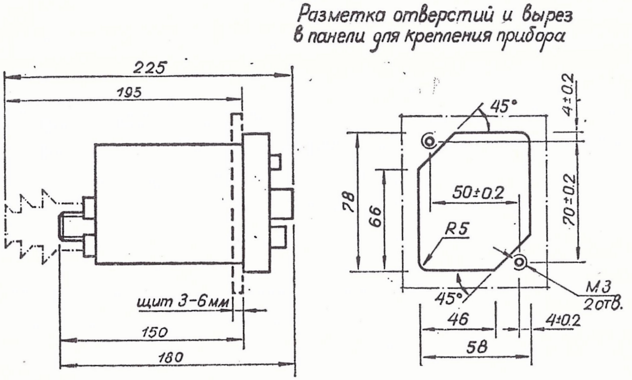


Рис. 2.13. Блок управления БУ-12

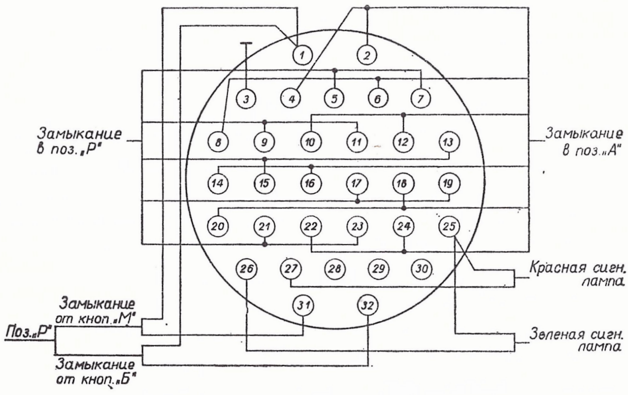


Рис. 2.14. Электрическая схема соединений блока управления БУ-21

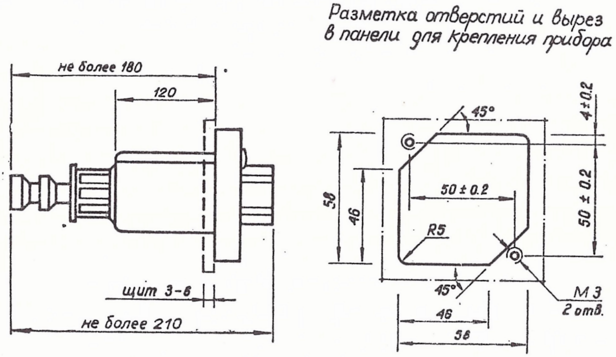


Рис. 2.15. Блок управления БУ-21.

2.5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Требования к монтажу и техническому обслуживанию термопреобразователей, измерительных приборов и пирометров излучения различны. От качества выполненных работ зависят значение погрешности и стабильность показаний приборов, их метрологическая и эксплуатационная надежность.

2.5.1. Требования к монтажу и техническому обслуживанию термометров и регулирующих устройств

Общим требованием при монтаже термометров является максимально возможная глубина их погружения.

Жидкостные термометры могут быть смонтированы либо в непосредственном соприкосновении термобаллона с измеряемой средой, либо в защитной оправе. При первом способе создаются хорошие условия для термопередачи, но уменьшается гарантия от повреждения прибора. Поэтому в большинстве случаев жидкостные термометры устанавливают в защитной оправе, хоть это и увеличивает их инерционность. Для снижения теплового сопротивления защитных оправ кольцевой зазор между термобаллоном и стенками оправы заполняют теплопроводящим материалом: в приборах со шкалой до 200°C — машинным маслом, со шкалой выше 200°C — медными или стальными опилками. Теплопроводящий материал должен покрывать лишь термобаллон.

При монтаже важно обеспечить наименьший отвод тепла от остальной части термометра, кроме термобаллона, во внешнюю среду. С этой целью часть оправы, выступающую за пределы измеряемой среды, делают по возможности короткой и теплоизолированной.

Устанавливают жидкостные термометры так, чтобы термобаллон был расположен в середине потока и направлен навстречу движению исследуемой среды.

Монтируя сигнализирующие манометрические термометры, надо отвернуть заглушку на лицевой стороне корпуса прибора, закрывающую отверстие, и отверткой установить передвижной указатель на требуемую отметку шкалы.

При монтаже регулирующих устройств нужно обеспечить горизонтальное положение их на щите и соответствие параметров среды эксплуатационным условиям. Перед монтажом термометры и термопреобразователи должны пройти поверку.

Для поддерживания термометров, термопреобразователей и регулирующих устройств в рабочем состоянии необходимо проводить их ежедневное техническое обслуживание, заключающееся в осмотре прибора, проверке его работоспособности, очистке от загрязнения. Периодически осуществляется планово-предупредительный ремонт, а в случае выхода из строя какой-либо детали или механизма возникает необходимость в экстренном ремонте. Последний с целью сокращения сроков желательно проводить бригадой слесарей совместно с наладчиками.

Перечень характерных неисправностей термопреобразователей сопротивления приведен в табл. 2.22, манометрических термометров — в табл. 2.23, биметаллических регулирующих устройств — в табл. 2.24.

Таблица 2.22

Характерные неисправности термопреобразователей сопротивления и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Обрыв или замыкание термопреобразователей сопротивления	Обрыв или замыкание элементов сопротивления вследствие повреждения защитной арматуры	Заменить преобразователь сопротивления
Низкое сопротивление изоляции	Проникновение пыли, влаги, грязи внутрь колодки штепсельного разъема, нарушение герметичности арматуры	Снять крышку колодки продуть штепсельный разъем теплым сухим воздухом. Если сопротивление изоляции не увеличится, заменить термопреобразователь сопротивления
Неустойчивые показания прибора	Замыкание витков или изменение сопротивления изоляции от вибрации	Заменить прибор виброустойчивым термопреобразователем сопротивления
Стрелка не доходит до красной черты	Малое сопротивление подгоночной катушки Малое напряжение питания	Подогнать сопротивление катушки Сменить или зарядить аккумулятор

Таблица 2.23

Характерные неисправности манометрических термометров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Отсутствие показаний прибора	Негерметичность системы	Отремонтировать термобаллон или заменить его, оттарировать прибор
	Соединительная трубка резко перегнута	Не допускать перегиба соединительной трубки радиусом менее 150 мм
	Плохое сочленение передаточного устройства со стрелкой	Погрузить термобаллон в тающий лед, установить стрелку на нуль и закрепить стопорные винты. Проверить показания прибора по всей шкале
Постоянные неправильные показания прибора	Стрелка сбита с начальной отметки	Установить стрелку по образцовому термометру
	Прибор плохо отрегулирован	Регулировать прибор при монтаже и дважды в год при эксплуатации
Значительные расхождения в показаниях между прямым и обратным ходом стрелки	Затирание стрелки о шкалу или стекло, заедание в тягах	Устранить заедание
	Неполное омывание термобаллона измеряемой средой	Погрузить термобаллон в измеряемую среду на необходимую глубину

Таблица 2.24

Характерные неисправности биметаллических устройств регулирования температуры и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Замыкание управляющих контактных пар не вызывает соответствующих срабатываний переключателей	Нарушение электрических цепей прибора	Довернуть винты 10 (рис. 2.10) до отказа; проверить контакты в местах пайки; продуть сжатым воздухом или протереть мягким материалом, смоченным в бензине, управляющие контактные пары
Сгорает резистор	Неисправность переключателя	Сменить переключатель

2.5.2. Определение неисправностей вторичных приборов для измерения и регулирования температуры и их техническое обслуживание

Автоматические измерительные приборы типа КС состоят из отдельных легкосъемных модулей, включаемых в схему с помощью штепсельных разъемов. В случае неисправности прибора нужно, поочередно меняя модули, обнаружить неисправный, установить причину и устранить ее. Возможные неисправности и способы их устранения указаны в табл. 2.25.

Таблица 2.25

Характерные неисправности вторичных измерительных приборов типа КС и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
При включении прибора напряжение на него не подается	Неисправны выключатель или предохранитель	Исправить выключатель; сменить предохранитель; проверить, все ли вилки вставлены в гнезда штепсельных разъемов
Снижение чувствительности (большая вариация, уменьшение скорости движения каретки	Имеются дополнительные помехи на прибор	Увеличить чувствительность усилителя
	Плохое заземление прибора	Проверить экранировку соединительных проводов, идущих от датчиков, а также заземление прибора
При поданном на прибор напряжении 220 В и включении двигателя лентопротяжного механизма бумага не передвигается	Неисправен лентопротяжный механизм	Заменить лентопротяжный механизм новым. Если бумага все же не передвигается, проверить исправность выключателя, двигателя, редуктора и фрикциона
При поданном напряжении 220 В указатель двигается до упора к началу шкалы независимо от подаваемого сигнала	Неисправна измерительная схема	Заменить плату с измерительной схемой
При поданном напряжении стрелка прибора не реагирует на изменение подаваемого сигнала	Неисправны усилитель или двигатель	Последовательно заменить названные узлы исправными

1	2	3
Указатель медленно перемещается к концу шкалы независимо от подаваемого сигнала	Неисправны узел измерительной схемы или усилитель	То же
Указатель медленно перемещается к началу шкалы независимо от подаваемого сигнала	Неисправен реохорд	Заменить реохорд
Указатель перемещается до упора к концу шкалы независимо от подаваемого сигнала	Неисправна плата с измерительной схемой	Заменить плату
Увеличение вариации показаний	Ослабление натяжения тросика	Вращая палец шкива по часовой стрелке, обеспечить натяжение тросика с усилием 250—300 г
Отсутствие записи или прерывистая запись	Неправильное положение баллона с чернилами в держателе	Переместить баллон вверх
Интенсивное поступание чернил в перо	То же	Переместить баллон вниз

В техническое обслуживание автоматических измерительных приборов входят смена диаграммной ленты, наполнение чернилами баллона пишущего устройства, чистка или смена пера и капилляра, смазка и чистка частей механизма, замена пружины с контактами реохорда, тросика, двигателей, усилителя и источника стабилизированного питания.

Смену диаграммной ленты производят следующим образом. Снимают лентопротяжный механизм, устанавливают рулон чистой ленты между полуосями и надевают его на подпружиненную полуось, затем, прижав ее к стенке кронштейна, надевают рулон на вторую полуось. При этом плоская пружина должна прижиматься к рулону. Потом ленту перекидывают через ведущий барабан, надев перфорациями на пуклевки, и пропускают между линейкой и кронштейном лентопротяжного механизма. Заводят возвратную пружину, поворачивая гильзу по часовой

стрелке на 15—20 оборотов и придерживая ее рукой, чтобы пружина не раскрутилась. Закрепляют конец ленты на гильзе, намотав два слоя бумаги. Отпускают гильзу, и заведенная пружина, раскручиваясь, обеспечивает натяжение ленты. После заправки бумаги лентопротяжный механизм устанавливают на место.

В случае засорения пера или капилляра надо произвести их чистку. Для этого откидывают лентопротяжный механизм и несколько раз энергично сжимают рукой баллон с чернилами. При сжатии баллона прикрывают большим пальцем отверстие в пробке. Если эта операция не обеспечит хорошей записи, нужно ввести бронзовую проволочку в отверстие пера и прочистить его.

Для смены пера необходимо, придерживая одной рукой рычаг каретки, другой сдернуть вверх капилляр и вытолкнуть перо, нажав на его верхний конец; новое перо вставить в отверстие рычага до упора в буртик, а на другой конец надеть капилляр так, чтобы в месте крепления перо не имело продольного люфта. Капилляр из чернильницы удаляют простым выталкиванием.

Чтобы прибор работал нормально, следует периодически смазывать его подвижные части. Один раз в месяц смазывают направляющие каретки на реохорде тонким слоем масла МВП, а один раз в три месяца — зубчатые зацепления тонким слоем из следующих смазок: ЦИАТИМ-221, ОКБ 422-7 или УС-2. Смазку производят при помощи обычной пипетки.

Для самопишущих приборов применяют специальные чернила, в состав которых входит 10 г эозина (натрия) СТУ 43-144-65; 1,5 г фенола ТУ6417-72, 10 г сахара ГОСТ 22-78 и 1 л дистиллированной воды ГОСТ 6709-72. В воду, нагретую до 90—95°С, всыпают эозин, фенол и сахар, доводят раствор до кипения, затем фильтруют через фильтровальную бумагу.

Если прибор находится недалеко от печи, где температура окружающего воздуха в пределах 40—55°С, состав чернил должен быть другим: 10 г эозина, 1 г серной кислоты, 60 г таннина, 18 г декстрина, 1,25 г фенола и 1 л дистиллированной воды. Способ приготовления также несколько отличается от обычного: декстрин растворяют в теплой воде, остальные компоненты заливают водой и нагревают; затем оба раствора смешивают и фильтруют.

Если тросик подлежит замене, его освобождают в месте соединения со стрелкодержателем, отвернув на два-три оборота винты, прижимающие планку крепления. Затем

снимают с крепящей пружины петлю тросика, сматывают его с пальца, отрезают узел и выдергивают тросик из отверстий. Новый устанавливают согласно схеме, изображенной на рис. 2. 16,а.

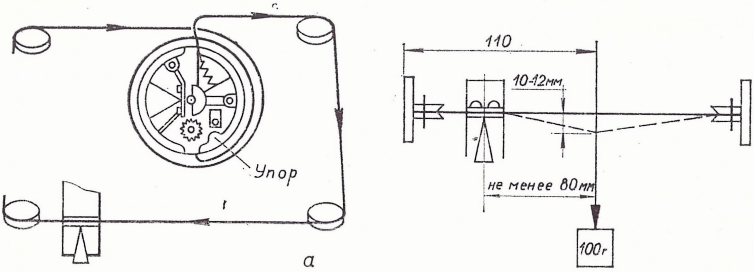


Рис. 2.16. Схема заправки и регулировки натяжения тросика: *а* — схема заправки тросика, *б* — схема регулировки натяжения тросика

Сделав петлю на конце тросика, надевают ее на ушко пружины, которую заправляют в отверстие шкива реверсивного двигателя, а тросик пропускают в паз шкива. Затем шкив устанавливают на упор (каретка должна находиться в начале шкалы). При необходимости откручивают винт, стопорящий прижим шкива к валу реверсивного двигателя. Со шкива тросик направляют вправо, проводят через правые ролики, прижимную планку каретки, левые ролики, потом на шкив и, сделав по часовой стрелке 1,5 витка, вводят в отверстие шкива, а затем в отверстие натяжного пальца. Вращая палец с храповиком по часовой стрелке, наматывают на него тросик, чтобы обеспечить необходимое натяжение. Натяжение регулируют в соответствии со схемой, показанной на рис. 2.16,б, и надежно закрепляют винтом на прижиме шкива. При регулировке необходимо обеспечить зазор 0,2—0,3 мм между ободком шкива и ребром кронштейна измерительного механизма.

Замена реверсивного и синхронного двигателей производится следующим образом. Шкив поворачивают до совмещения свободного отверстия в нем с резьбовым отверстием М3 в упоре и с помощью винта М3 стопорят, прижав его ободом к торцу упора (при этом необходимо освободить винт прижима шкива). Затем снимают угольник крепления баллона чернильницы и вывинчивают три винта М5, крепящие двигатель к стенке кронштейна. При установке нового двигателя все операции проделываются в обратном порядке.

Заменив реверсивный двигатель, необходимо убедиться, есть ли соединение между осью двигателя и шкивом. Для этого при отключенном приборе шкив поворачивают рукой. Указатель прибора должен плавно, без затираний перемещаться вдоль шкалы. После замены синхронного двигателя проверяют наличие плавного зацепления колес редуктора и электродвигателя.

При замене усилителя регулируют чувствительность и характер успокоения каретки с указателем. Нормально указатель прибора при резких изменениях измеряемой величины должен делать не более трех полуколебаний возле положения равновесия. Успокоение достигается дискретной и плавной регулировкой. Дискретную регулировку осуществляют установкой постоянного резистора обратной связи на верхней плате усилителя. Необходимая подрегулировка успокоения указателя прибора обеспечивается с помощью резистора плавной регулировки.

Заменив источник стабилизированного питания, необходимо проверить основную погрешность прибора на пяти числовых отметках шкалы, интервал между которыми не должен превышать 30% ее длины. Основная погрешность показаний определяется по формуле

$$\Delta = X_{\text{ном}} - X_i - X_{\text{т}} + \frac{q_{\text{м}}}{2}, \tag{2.17}$$

где Δ — основная абсолютная погрешность в единицах входного сигнала; $X_{\text{ном}}$ — номинальное значение входного сигнала, соответствующее проверяемой отметке шкалы, в единицах входного сигнала; X_{i} — значение входного сигнала проверяемой отметки шкалы; $X_{\text{т}}$ — термоЭДС, соответствующая температуре 30°С для приборов с компенсацией температуры свободных концов термоэлектрического преобразователя, в остальных случаях $X_{\text{т}}=0$; $q_{\text{м}}$ — дискретность изменения входного сигнала (цена наименьшей декады, при помощи которой устанавливают входной сигнал X).

Основную погрешность прибора в процентах от нормирующего значения рассчитывают по формуле

$$\Upsilon_{\text{п}} = \frac{\Delta}{D} \cdot 100, \tag{2.18}$$

где D — нормирующее значение.

Если основная погрешность выходит за допустимые пределы, необходимо уменьшить ее смещением указателя или изменением подгоночного сопротивления, расположенного на модуле измерительной схемы.

При определении основной погрешности указатель 1 или 6 (рис. 2.17а,б) устанавливают на поверяемую отмет-

ку шкалы. Значение подаваемого напряжения или сопротивления (для мостов) измеряют образцовым потенциометром постоянного тока 5 или магазином сопротивлений 7. Магазин сопротивлений подключается медными проводами 4. Сопротивление каждого провода линии связи вместе с подгонными катушками $R1$ и $R2$ (рис. 2.17,б) должно быть 2,5±0,01 Ом. После ремонта приборы поверяют по такой же схеме.

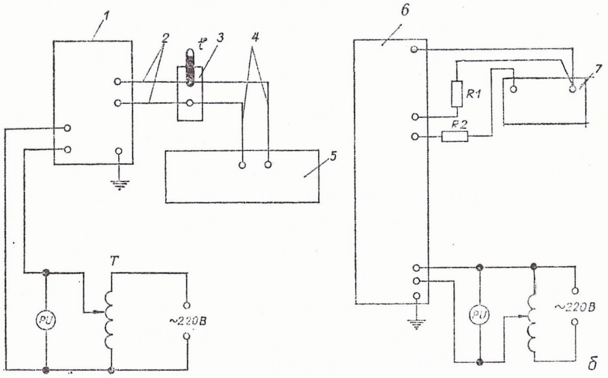


Рис. 2.17. Схемы определения основной погрешности показаний автоматических потенциометра с компенсацией температуры холодных спаев термоэлектрического преобразователя (а) и уравновешенного моста (б):

1 — автоматический потенциометр, *2* — термоэлектродные провода, *3* — термостат с ртутным термометром, *4* — медный соединительный провод, *5* — мера напряжения (потенциометр постоянного тока), *6* — уравновешенный мост, *7* — мера сопротивления (магазин сопротивлений)

Приборы в искробезопасном исполнении, применяемые в легкой промышленности, подвергают ежемесячному контролю. При этом необходимо проследить за наличием кожуха на искробезопасных колодках, отсутствием обрывов или повреждений изоляции соединительных линий, состоянием плавких предохранителей, исправностью заземляющих проводов, надежностью присоединения кабеля, прочностью закрепления приборов и заземляющих болтовых соединений, отсутствием пыли и грязи на блоках прибора.

Профилактические осмотры приборов должны производиться не реже двух раз в год. В перечень работ входят: чистка реохорда, переключателей, разъемов, клемм, внутреннего монтажа (без вскрытия искробезопасных блоков); проверка целостности крепления монтажных

жгутов, изоляционных трубок на местах пайки и качества их подклейки, заливки искробезопасных блоков; проверка сопротивления изоляции соединительных линий и сопротивления заземления. После профилактического осмотра и устранения выявленных недостатков, а также после ремонтных работ пломбируют шасси, корпус и переключатель преобразователей (для многоканальных приборов).

По окончании ремонта приборов в искробезопасном исполнении проверяются токи и напряжения искробезопасных цепей, принадлежность усилителя и источника питания к искробезопасному исполнению, целостность заливки сборочных единиц эпоксидной смолой, пути утечки и электрические зазоры между цепями, а также наличие условных знаков.

2.5.3. Монтажно-защитная арматура пирометров излучения

Для обеспечения надежного крепления и нормальных условий эксплуатации пирометров излучения применяется монтажно-защитная арматура, к которой относятся держатель, поворотная головка, подставка, штатив, устройство обдува и устройство охлаждения.

В относительно чистых цехах с температурой воздуха не выше 30°С, где не требуется точного наведения пирометра на измеряемый объект, применяют упрощенный способ установки с помощью держателя, оснащенного крепежным хомутом. Если есть необходимость в наведении и фиксации пирометра на объекте измерения, используют поворотную головку, позволяющую наводить пирометр одновременно в горизонтальном (360°) и вертикальном (на 45° относительно оси) направлениях. Для крепления поворотной головки на кронштейне или станине просверливают отверстие или приваривают трубку с внутренним диаметром 20 мм. При наличии места используют подставку. Если крепление с помощью указанной арматуры затруднено или же требуется быстро переносить пирометр в другом месте (например, в туннельных печах), вместо подставки применяют штатив в виде треноги.

При эксплуатации пирометра излучения в местах, где окружающая температура не превышает 30°С, но есть необходимость защиты объектива прибора от попадания пыли, водяных брызг и др., применяется устройство обдува, в которое вставляют пирометр, закрепляя его с помощью хомута.

Если температура в помещении выше 30°С (например, в цехах обжига фарфорового полуфабриката), применяется устройство охлаждения. Охлаждение пирометра производится технической водой под давлением 0,1—0,4 МПа или сжатым воздухом под давлением 0,05 МПа, подаваемым от сети дюритовым резиновым шлангом.

ГЛАВА 3

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Различают барометрическое ($P_б$), избыточное (P) и абсолютное ($P_а$) давление.

Абсолютным называется полное давление, создаваемое средой; барометрическим — давление, производимое весом воздушного столба атмосферы. Избыточное давление представляет собой разность между абсолютным и барометрическим давлением:

$$P = P_а - P_б. \qquad (3.1)$$

Разрежение ($P_р$) — это разность между барометрическим и абсолютным давлением:

$$P_р = P_б - P_а. \qquad (3.2)$$

Глубокое разрежение называется вакуумом.

С 1 января 1980 года применяется основная единица давления — паскаль (Па$=$1 Н/м^2); кратными единицами являются килопаскаль (1 кПа$=$1000 Па) и мегапаскаль (1 МПа$=10^6$ Па).

В связи с имеющимися в эксплуатации приборами применяют и другие единицы давления:

1 кг/см^2 (98066,5 Па$\approx$0,1 МПа);
1 кг/м^2 (9,81 Па$\approx$10 Па);
1 мм рт. ст. (133,32 Па);
1 мм вод. ст. (9,806 Па);
1 бар (10^5 Па).

В соответствии с ГОСТ 8.417-81 (СТ СЭВ 1052-78) «Метрология. Единицы физических величин» шкалы, оцифрованные в старых единицах, необходимо заменить оцифрованными в Па (кПа, МПа). В рабочих приборах с пределом допустимой погрешности более 2% это в боль-

шинстве случаев можно сделать путем изменения существующих значений шкалы в число раз, кратное десяти: в приборах, проградуированных в кг/м^2 или мм вод. ст., эти значения следует умножить на 10, чтобы получить шкалы в Па; в приборах, проградуированных в кг/см^2, барах, технических или физических атмосферах (ат или атм), значения оцифрованных точек надо умножить на 100, чтобы получить шкалу в кПа, или разделить на 10, чтобы получить шкалу в МПа. В связи со сложностью оперативной замены шкал всех приборов в качестве временного мероприятия допускается при проверке ставить на прибор штампы «Х10 (Па)», «Х100 (кПа)», «:10 (МПа)» и т. д. Приборы высоких классов точности нуждаются в переградуировке, замене шкал с изменением их масштаба или в соответствующем корректировании передаточного отношения (коэффициента усиления) отсчетного устройства. Это же относится и к приборам, проградуированным в мм рт. ст., у которых значения должны быть сдвинуты по шкале прибора в масштабе 1:1,33 (или соответственно может быть откорректирован коэффициент усиления отсчетного устройства) и умножены на 100.

3.2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

Приборы, используемые для измерения давления и разрежения, различают:

по виду измеряемой величины: барометры (барометрическое давление), манометры (избыточное давление), вакуумметры и тягомеры (разрежение), мановакуумметры (избыточное давление и разрежение), дифференциальные манометры (разность давлений), микроманометры (небольшие, до 40 кПа, избыточное давление и разрежение, измеряемые с большой точностью), напоромеры (малое избыточное давление), тягомеры (малое разрежение), тягонапоромеры (малое давление и разрежение);

по принципу действия: жидкостные, деформационные, поршневые и электрические;

по метрологическому назначению: рабочие и образцовые.

В жидкостных приборах усилие, вызываемое измеряемым давлением, уравновешивается массой столба жидкости, в деформационных — силой упругости чувствительных элементов (пружины, мембраны или сильфона). В электрических приборах усилие преобразуется в электрический

Таблица 3.1

Основные характеристики жидкостных приборов для измерения давления и разрежения

Тип	Диапазон измерений	Погрешность	Давление среды	Рабочая жидкость
Манометр дифференциальный двухтрубчатый стеклянный ДТ-5	0—2,5 кПа (0—250 кг/м^2)	0,266 кПа (±2 мм рт. ст.)	0,5 МПа (5 кг/см^2)	Дистиллированная вода
Манометр дифференциальный двухтрубчатый стеклянный ДТ-50	0—93,33 кПа (0—700 мм рт. ст.)	0,266 кПа (±2 мм рт. ст.)	5 МПа (50 кг/см^2)	Ртуть
Манометр чашечный с наклонной трубкой многопредельный ММН-240	0—2,4 кПа (0—240 кг/м^2)	±1%	0,01 МПа (0,1 кг/см^2)	Этиловый спирт
Тягонапоромер ТНЖ-Н	0—1,6 кПа (0—160 кг/м^2)	±1,5%	0,02 МПа (0,2 кг/см^2)	Спирт
Тягонапоромер многотрубный ТДЖ	0—6,3 кПа (0—630 кг/м^2)	±1,5%	0,05 МПа (0,5 кг/см^2)	Дистиллированная вода

сигнал, а мерой давления служит изменение электрической величины (сопротивления, индуктивности и др.) Поршневые приборы основаны на уравновешивании давления жидкости массой поршня; используются они в качестве образцовых.

Рабочие приборы для измерения давления выпускаются следующих классов точности: 0,4; 0,6; 1; 1,5; 2,5; 4.

Основные характеристики жидкостных манометров и тягонапоромеров приведены в табл. 3.1, а деформационных тягомеров, напоромеров и тягонапоромеров — в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Основные характеристики деформационных напоромеров, тягомеров и тягонапоромеров

Тип	Пределы измерений, кПа	Погрешность, %
	Напоромеры	
НС-712 с регистрацией	0—0,16; 0—0,25; 0—0,4; 0—0,6 0—1; 0—1,6; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—40	±2,5 и ±1,5
НС-717сг с сигнализацией	0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40;	±1 и ±1,5
	Тягомеры	
ТМС-717сг с сигнализацией	От —6 до 0	±2,5 и ±4
ТМС-712 с регистрацией	От —0,16 до 0;	±1 и ±1,5
	Тягонапоромеры	
ТНС-712 с регистрацией	—0,2÷0÷0,2 —0,3÷0÷0,3	±2,5

Если жидкостные приборы устанавливаются возле печи, где температура t может достигать 80°С, для повышения точности измерений необходимо вводить поправку. Действительное значение при этом определяют по формуле

$$h_{н}=h_t\frac{1+\alpha(t-20)}{1+\beta(t-t_{н})}, \qquad (3.3)$$

где h_t — значение давления при температуре t; α — коэффициент линейного расширения материала шкалы; β — коэффициент объемного расширения жидкости, залитой в прибор.

Основные характеристики деформационных технических манометров и мановакуумметров приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Основные характеристики деформационных технических манометров и мановакуумметров

Тип	Диапазон измерений, МПа (кг/см²)	Погрешность, %	Измеряемая среда	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Выходной сигнал
Преобразователи давления с электрическим выходным сигналом МЭД	От —0,1 до +0,6 МПа (от —1 до +6 кг/см²)	±1 и ±1,5	Газы и жидкости, не агрессивные по отношению к медным сплавам и углеродистым сталям	∅ 160	2	0—10 мГ
Манометр электрический малогабаритный МПЭ-МИ	0,1—6 МПа (1—60 кг/см²)	±0,6; ±1; ±1,5		25×160×266	4	0—5; 0—20; 4—20 мА
Манометр электрический МП-Э				08×257×192	5	0—5; 0—20 мА
Показывающий манометр ОБМ1-100	0,1—0,6 МПа (1—6 кг/см²)	±2,5		∅ 100	0,8	
Мановакуумметр ОБМВ1-100	От —0,1 до +2,4 МПа (от —1 до +24 кг/см²)	±2,5				
Виброустойчивые манометры МТП-100/1-ВУ	0—0,6 МПа (0—6 кг/см²)	±2,5	Жидкость, газы		1	—

3.2.1. Жидкостные приборы для измерения давления и разрежения

В зависимости от схемы подключения жидкостные приборы могут измерять избыточное давление, разрежение или разность давлений. Во всех случаях значение измеряемой величины выражается разностью высот столбов рабочей жидкости (воды, ртути, спирта и др.) в сосудах.

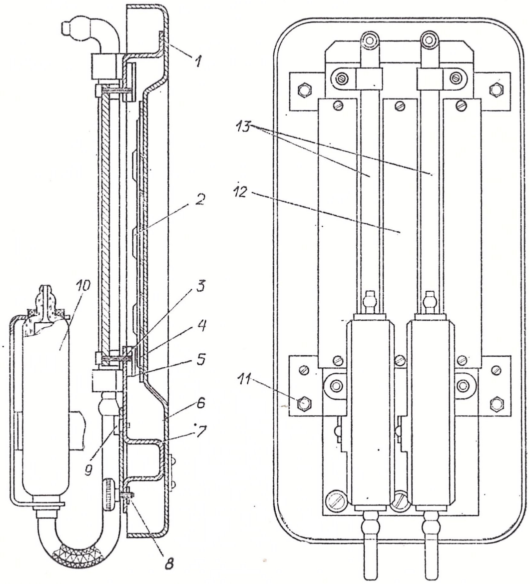


Рис. 3.1. Жидкостный дифференциальный тягонапоромер:

1 — верхний кронштейн,
2 — прижим,
3 — планка-указатель,
4 — стекло,
5 — упор,
6 — рама корпуса,
7 — нижний кронштейн,
8 — винт-фиксатор,
9 — направляющая ось,
10 — стеклянный бачок,
11 — болт,
12 — шкалы,
13 — стеклянные трубки

На рис. 3.1 изображен жидкостный дифференциальный тягонапоромер ТДЖ. Все сборочные единицы и детали укреплены на раме корпуса 6. К раме приварены верхний 1 и нижний 7 кронштейны, прижимы 2 и упор 5 для крепления стекла 4. Шкалы 12 крепятся к кронштейнам с помощью винтов, а стеклянные трубки 13 — при помощи скоб. Стеклянные бачки 10 установлены на кронштейнах, которые укреплены при помощи направляющих осей 9 и винтов-фиксаторов 8. Каждый бачок имеет два отвода: нижний соединен резиновой трубкой с нижним концом измерительной стеклянной трубки, верхний служит для заливки жидкости и подсоединения импульсной трубки. Прибор крепится к стенке щита болтами 11. К нижнему кронштейну винтами прикреплена планка-указатель 3, на

которой нанесены краской указания о местах отбора измеряемых параметров.

В рабочем положении прибора абсолютное давление в каждом бачке всегда большее, чем в соответствующей измерительной трубке. При этом уровень в бачках понижается, а в измерительных трубках повышается; разность уровней жидкости в бачке и трубке определяет высоту ее столба, уравновешивающего подводимые к прибору давление, разрежение или разность давлений.

3.2.2. Деформационные приборы для измерения давления и разрежения

На рис. 3.2 изображен деформационный мембранный прибор, обычно используемый в тягонапоромерах, тягомерах и напоромерах.

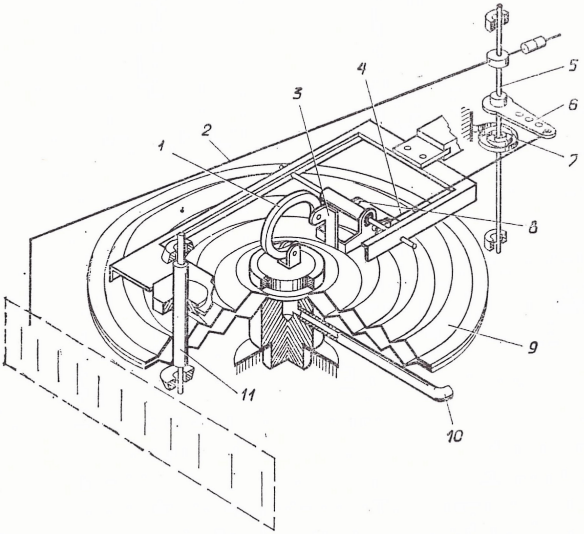


Рис. 3.2. Деформационный мембранный манометр:
1 — поводок, *2* — стрелка, *3* — рычаг, *4* — тяга, *5* — ось стрелки, *6* — рычаг с отверстиями, *7* — спиральная пружина, *8* — винт, *9* — мембранная коробка, *10* — трубка, *11* — опора

Чувствительным элементом прибора является герметичная мембранная коробка 9. Измеряемое давление подается к штуцеру, соединенному с внутренней полостью мембранной коробки трубкой 10. Разность давлений вызывает перемещение жесткого центра верхней мембраны, которое поводком 1 передается на рычаг 3 и далее через тягу 4 на ось 5 стрелки 2.

Грубая настройка диапазона измерения осуществляется путем изменения передаточного отношения перестановкой

конца тяги 4 в одно из отверстий рычага 6, точная настройка — винтом 8. Компенсация нелинейности мембранной коробки достигается изменением угла между стрелкой 2 и рычагом 6. Для выбора мертвого хода в механизме на оси 5 имеется спиральная пружина 7.

К деформационным относятся также сигнализирующие приборы, которые кроме измерения давления или разрежения управляют внешними электрическими цепями, включая и выключая контакты в схемах сигнализации и блокировки технологических процессов. Принципиальная схема такого показано на рис. 3.4.

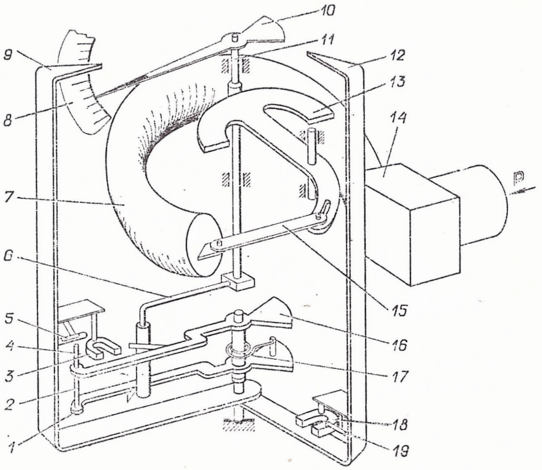


Рис. 3.3. Принципиальная схема сигнализирующего деформационного манометра:

1, 16 — подвижные поводки;
2, 4 — контакты,
3, 18 — магниты,
5, 19 — неподвижные контакты,
6 — поводок,
7 — манометрическая пружина,
8 — шкала,
9, 12 — сигнальные стрелки,
10 — стрелка,
11 — трибка,
13 — сектор,
14 — держатель,
15 — тяга,
17 — волосок

Измеряемое давление (разрежение) подается во внутреннюю полость манометрической пружины 7, один конец которой жестко закреплен в держателе 14, а другой свободен. Перемещение свободного конца через тягу 15 передается на сектор 13 и трибку 11 с насаженной на ее ось стрелкой 10. Стрелка перемещается вдоль шкалы 8, показывая значение измеряемого давления. Вместе с показывающей стрелкой перемещается насаженный на другой конец трибки поводок 6, при этом он водит за собой два подвижных поводка 16 и 1, изготовленных из магнитного материала и несущих на себе контакты 4 и 2. Поводки 16 и 1 в зоне, ограниченной сигнальными стрелками 9 и 12, с помощью волоска 17 прижимаются к поводку 6. Стрелки установки пределов сигнализации 9 и 12 несут на себе два неподвижных контакта 5 и 19 и магниты 3 и 18. Когда

давление (разрежение) достигает значения, заданного сигнальными стрелками 9 и 12, контактная пара 4, 5 или 2, 19 срабатывает, тем самым замыкая или размыкая электрическую цепь. Магниты 3 и 18 предназначены для обеспечения резкого срабатывания контактных пар 4, 5 или 2, 19, когда поводки 16 и 1 находятся в зоне действия магнитов.

Устройство регистрирующих деформационных приборов с долговременной записью (до 8 суток) типа МТС-711 показано на рис. 3.4.

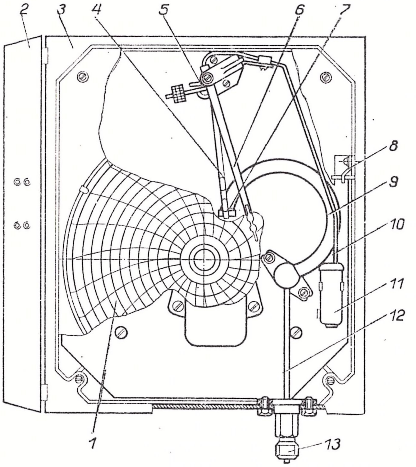


Рис. 3.4. Регистрирующий деформационный прибор типа МТС-711:

1 — диаграмма, *2* — крышка, *3* — корпус, *4* — тяга, *5* — кривошип, *6* — перо, *7* — наконечник, *8* — арретир, *9* — манометрическая пружина, *10* — капилляр, *11* — чернильница, *12* — трубка, *13* — штуцер

Измеряемое давление через трубку 12 поступает в полость манометрической пружины 9, представляющей собой изогнутую по дуге окружности трубку овального сечения. Один конец пружины закреплен в неподвижном основании с трубкой 12 и штуцером 13, второй конец, герметически закрытый наконечником 7, может свободно перемещаться под действием измеряемого давления. Перемещение свободного конца пружины через тягу 4 и кривошип 5 передается на перо 6, записывающее показания на диаграмме 1.

Регулировка системы передачи осуществляется путем изменения длины кривошипа. При этом линейность обеспечивается установкой угла между тягой 4 и кривошипом 5.

Диаграмма вращается часовым механизмом или синхронным микродвигателем, питание к которому подводится

через штепсельный разъем. Чернила на конец пера поступают из чернильницы 11 по капилляру 10. Перо имеет корректор нуля, при помощи которого во время регулировки прибора перо можно установить на нуль диаграммы. Когда крышку 2 прибора открывают, перо автоматически отводится от диаграммы при помощи арретира 8. Крышка шарнирно крепится к ушкам корпуса 3 и имеет встроенный замок.

3.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВКИ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

Названные устройства используются в автоматизированных системах контроля, управления и регулирования избыточного давления и разрежения жидкостей и газов.

В зависимости от значения контролируемого параметра различают датчики-реле давления, датчики-реле тяги, датчики-реле напора, датчики-реле тяги и напора. Устанавливают их на щите, стене или на трубопроводе. Приборы могут быть со шкалами с числовыми отметками и бесшкальными.

Датчики-реле вакуумметрического давления имеют пределы уставок от 0,1 до 0 МПа, датчики-реле избыточного давления — от 0 до 40 МПа, датчики-реле тяги и напора — от 0,4 до 25 кПа (40—2500 кг/м^2).

Основные характеристики устройств для регулирования давления и разрежения приведены в табл. 3.4.

Регулирующие устройства поддерживают заданное давление путем размыкания или замыкания электрической цепи в случае изменения его значения по сравнению с контрольным.

Принцип действия устройств основан на уравновешивании силы давления, действующей на сильфон 1 (рис. 3.5), силами упругой деформации винтовой цилиндрической пружины 16 и сильфона. Перемещение конического донышка 2 сильфона, вызываемое изменением давления на него, используется для замыкания или размыкания контактов микропереключателя 15.

В корпусе 4 размещены: измерительная система, состоящая из чувствительного элемента — сильфона и пружины; контактное устройство; механизм настройки на срабатывание контактов и механизм настройки зоны нечувствительности (дифференциала).

При повышении давления контролируемой среды двухплечий рычаг 17, преодолевая усилие пружины 16, враща-

Таблица 3.4

Основные характеристики устройств для регулирования давления и разрежения

Тип	Диапазон уставок, МПа (кг/см²)	Зона нечувствительности, МПа (кг/см²)	Предельное давление среды, МПа (кг/см²)	Погрешность срабатывания	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды, °С	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
РД-1-01+	От —0,03 до +0,4 (от —0,3 до +4)	0,04—0,25 (0,4—2,5) Р*	1,2 (12)	±0,02 МПа (0,2 кг/см²)	150 Вт при 380 В тока; 300 Вт при 220 В и 127 В переменного тока; 30 Вт при 220 В постоянного тока	От —40 до +60	0,8	85×61×131
РД-1М	0,05—0,4 (0,5—4)	4—25 (0,4—2,5) 0,04—0,25 (0,4—2,5)		±0,03 МПа (0,3 кг/см²)				
РД-2-03	0,7—1,9 (7—19)	0,2—0,5 (2—5) Р	2,1 (21)	±0,05 МПа (0,5 кг/см²)			0,7	85×61×127
РД-2М	0,5—1,1 (5—11)	0,1—0,2 (1—2)		±0,04 МПа (0,4 кг/см²)				
РД-1Б-01+	От —0,03 до +0,4 (от —0,3 до +4)	0,04—0,25 (0,4—2,5) Р	1,6 (16)	±4% от диапазона уставок		От —50 до +60	1,2	104×71×182
РД-2Б-02	0,1—0,7 (1—7)	0,1—0,25 (1—2,5) Р	1,8 (18)					104×71×176
РД-2Б-03	0,7—1,9 (7—19)	0,2—0,5 (2—5) Р	2,5 (25)					104×71×176
РД-1ВМ-01+	0,03—0,4 (0,3—4)	0,04—0,25 (0,4—2,5)	40 (4)		60 Вт при 36 В переменного тока и индуктивной нагрузке; 30 Вт при 24 В постоянного тока	От —30 до +50	3	166×105×25
РД-2ВМ-03	0,7—1,9 (7—19)	0,2—0,5 (2—5)						

РД-3-01	От —0,03 до +0,4 (от —0,3 до +4) — ДНД**	0,03—0,25 (0,3—2,5) — ДНД	1,2 (12)		150 Вт при 380 В переменного тока; 30 Вт при 220 В постоянного тока	От —10 до +40	1,2	155×130×65
	0,7—1,9 (7—19)	0,2 (2) — ДВД	2,4 (24)					
	0,6—1,2 (6—12) — ДВД***		1,5 (15)					
РД-3-02	От —0,02 до +0,7 (от —0,2 до +7) — ДНД; 0,8—2,50 (8—25) — ДВД	0,05—25 (0,5—2,5) — ДНД-Р; 0,1—0,25 (1—2,5) — ДВД-НР****	1,6 (16) кратковременное 3,2 (32) кратковременное		150 Вт при 380 В переменного тока; 30 Вт при 220 В постоянного тока	От —10	1,5	164×130×65
РД-3К	От —0,02 до —0,1 (от —0,2 до —1)	0,02—0,06 (0,2—0,6)	1,2 (12) кратковременное	±4% от верхнего предела уставок	150 Вт при 380 В переменного тока в индуктивной цепи; 300 Вт в безиндуктивной цепи;	до +40	0,9	182×85×65
РД-3М-04	От —0,07 до +0,4 (от —0,7 до +4) — ДНД; 0,7—1,9 (7—19) — ДВД	0,04—0,25 (0,4—2,5) — ДНД; 0,3 (3) — ДВД	1,6 (16) 2,4 (24)		50 Вт при 320 В постоянного тока; 150 Вт при 380 В переменного тока; 30 Вт при 220 В постоянного тока	0—50	2	190×153×85
РД-4А-01	От —0,07 до +0,4 (от —0,7 до +4) — ДНД;	0,04—0,25 (0,4—2,5) — Р-ДНД;	1,6 (16)		150 Вт при 380 и 220 В переменного тока в индуктивной цепи	От —20 до +50		195×153×79
	0,6—1,9 (6—19) — ДВД	0,1—0,25 (1—2,5) — НР-ДВД	2,4 (24)				2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РД-4А-02	От —0,1 до 0 (от —1 до 0) — ДНД; 0,05—1 (0,5—10) — ДВД	0,015—0,06 (0,15—0,6) — ДНД-Р; 0,06—0,14 (0,6—1,4) НР-ДВД	1,5 (15) ДНД 2,1 (21) ДВД					204×153×79
РД-5	1,2—1,9 (12—19)	0,25 (2,5) — НР	2 (20)			10—50	0,9	187×11×55
РД-М5	0,05—0,1 (0,5—1) 0,1—0,4 (1—4) 0,4—0,8 (4—8)	10% от предела уставок	1,5 (15)	±0,004 МПа ±0,02 МПа ±0,04 МПа	150 Вт при 380 В переменного тока; 50 Вт при 48 В в индуктивной цепи постоянного тока	От —10 до +40	1,8	182×120×90
РД-6	От —0,03 до +0,4 (от —0,3 до +4) — ДНД 0,8—1,9 (8—19) — ДВД	0,04—0,15 (0,4—1,5) — ДНД 0,35 (3,5) — ДВД	1,2 (12) 2 (20)	±4% от диапазона уставок	150 Вт при 380 В переменного тока в индуктивной цепи	10—50	2	230×165×78
РД-7Т	От —4 до +40 (от —0,4 до +4) — ДНД 0,9—1,9 (9—19) — ДВД	0,04—0,15 (0,4—1,5) — ДНД 0,3 (3) — ДВД	1,2 (12) 3 (30)		150 Вт при 400 В переменного тока в индуктивной цепи; 60 Вт при 220 В постоянного тока	10—80	2	235×165×80

РД-8Т	(30—100)***** (5—70) } % от верхнего предела давления	(10—50) % от верхнего предела давления	0—0,4 (0—4) 0—0,6 (0—6) 0—1 (0—10)	±8% от верхнего предела давления	80 Вт при 400 В переменного тока в индуктивной цепи; 60 Вт при 220 В постоянного тока	5—50	2,2	340×240×78
РД-12	От —0,04 до +0,25	0,04—0,16 (0,4—1,6)	1 (10)	±4% от диапазона уставок	150 Вт при 380 В переменного тока в индуктивной цепи; 50 Вт при 220 В постоянного тока			
	0,2—0,8	0,075—0,275 (0,75—2,75)	1,2 (12)					
	0,2—1,2	0,15—0,45 (1,5—4,5)	2,5 (25)			0—50	0,9	146×94×53
	0,5—2	0,2—0,7 (2—7)						
РД-13	1—3 (10—30) 2—6 (20—60)	0,3—1 (3—10) 0,5—2 (5—20)	120% от верхнего предела уставок	±1% от диапазона уставок	150 Вт при 220 В переменного тока в индуктивной цепи и 300 Вт в безиндуктивной цепи; 60 Вт при 220 В постоянного тока	5—50	2,6	200×165×75
РДК-3	0—0,25 (0—2,5)	0,025 (0,25)	0,8 (8)	0,008 МПа (0,08 кг/см²)	Та же, что и для РД-13, но 50 Вт при 320 В постоянного тока	0—50	2	196×168×80
ДД	0,006—1,6 (0,06—16)	2—6% от предела уставки — НР	5(50)	±2,5%	500 Вт при 220 В переменного тока	От —30 до +50	1,6	107×107×280

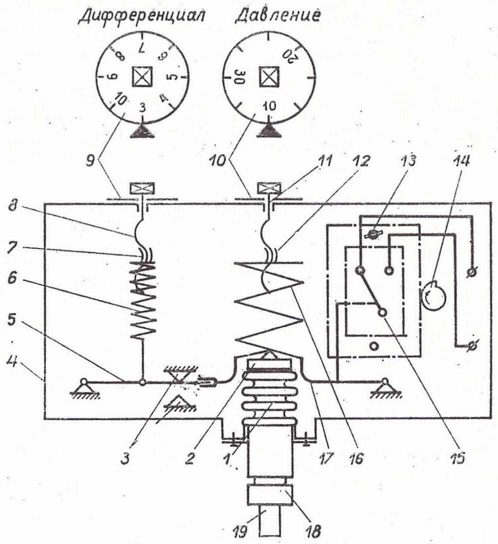
Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДН и ДТ	$4 \cdot 10^{-6}$—$4 \cdot 10^{-2}$ ($4 \cdot 10^{-5}$—$4 \cdot 10^{-1}$)	2—6% от предела уставки — НР; 25—100% от предела уставки — Р			500 Вт при 220 В переменного тока, 60 Вт для постоянного тока		2,8	233×233××260
РДЖТ-1	0,3—3,8 (3—38)		4 (40)	±0,02 МПа (0,2 кг/см²)		5—80	17	755×340××250

* Р — регулируемая зона нечувствительности.
** ДНД — датчики низкого давления.
*** ДВД — датчики высокого давления.
**** НР — нерегулируемая зона нечувствительности.
***** Уставка, соответствующая максимальному значению контролируемого параметра, при котором происходит срабатывание датчика-реле.

П р и м е ч а н и я. 1. У регуляторов, отмеченных крестиком, контакты размыкаются при понижении давления и замыкаются при повышении, у остальных — наоборот; 2. Допустимая относительная влажность воздуха для РД-1-01, РД-1М, РД-2-0,3, РД-2М, РД-1Б, РД-1ВМ, РД-2ВМ — до 98% при температуре до 50°С; 3. Регуляторы РД-1, РД-2, РД-1Б, РД-2Б, РД-1ВМ, РД-2ВМ изготавливаются на Орловском заводе приборов, ДД, ДН и ДТ — на заводе «Теплоприбор» (г. Улан-Удэ), РДЖТ-1 — на опытном заводе ОКБ «Теплоавтомат» (г. Харьков), остальные — на Тартусском приборостроительном заводе.

Рис. 3.5. Принципиальная схема регулирующего устройства давления:
1 — сильфон,
2 — донышко сильфона,
3 — регулируемый упор,
4 — корпус,
5 — рычаг,
6 — пружина;
7, 12 — резьбовые втулки;
8, 11 — винты;
9, 10 — лимбы;
13 — винт,
14 — эксцентрик,
15 — микропереключатель,
16 — винтовая цилиндрическая пружина;
17 — двухплечий рычаг,
18 — кронштейн;
19 — входной штуцер



ется по часовой стрелке и, нажимая на кнопку микропереключателя, производит переключение контактов. При понижении давления рычаг поворачивается против часовой стрелки и освобождает кнопку микропереключателя. Эксцентриком 14 производится регулировка степени нажатия рычага на кнопку с фиксацией установленого положения винтом 13.

Направление зоны нечувствительности зависит от пружины 6, которая может быть сжата или растянута. Регулировка величины зоны нечувствительности производится изменением натяжения пружины. Перед переключением контактов при повышении давления рычаг 5, за который зацеплена пружина 6, становится на верхнюю кромку регулируемого упора 3, и в момент переключения их пружина 6 в работе не участвует. Обратное переключение контактов при понижении давления происходит с участием пружины 6. Сила этой пружины при прямом ходе компенсируется давлением среды, поэтому разность в значениях давления при включении и выключении контактов характеризует величину зоны нечувствительности. Перед переключением контактов при понижении давления рычаг 5 упирается в нижнюю кромку упора 3.

Настройка контактов на срабатывание и настройка зоны нечувствительности производятся с внешней стороны

прибора вращением винтов 8 и 11 с помощью специального ключа. Настройка ведется по лимбам 9 и 10. Для исключения проворачивания и обеспечения поступательного движения резьбовых втулок 7 и 12 при настройке и во время работы положение их фиксируется выступами, входящими в направляющие канавки.

3.4. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

Приборы для измерения давления подключаются к технологическому оборудованию с помощью отборных устройств и импульсных трубок. При малых статических давлениях и больших скоростях потока требуется строго соблюдать следующие условия: отборные устройства монтируются в стенке технологического трубопровода 3 (рис. 3.6) с приваренной бобышкой 2, в которую ввинчивают импульсный трубопровод 1; выравниватель потока 4 устанавливается у входа отборного устройства.

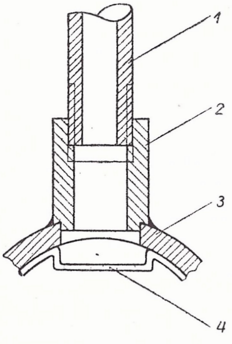


Рис. 3.6. Выравниватель потока у отборного устройства:
1 — импульсный трубопровод; *2* — бобышка;
3 — технологический трубопровод,
4 — выравниватель потока

При давлении, превышающем 0,3 МПа (3 кг/см²), и длине импульсного трубопровода более 3 м у места отбора размещают отключающие вентили.

На манометрах устанавливают трехходовые краны, используемые для продувки импульсного трубопровода и поверки манометра по образцовому без снятия с места установки. На рис. 3.7 показаны зоны по сечению технологического трубопровода, в которых лучше подключать отборные устройства.

При монтаже деформационных приборов для измерения давления агрессивных сред и вязких жидкостей надо использовать промежуточные разделительные устройства.

Прибор необходимо устанавливать так, чтобы циферблат находился в вертикальном положении. Угол наклона не должен превышать 15°. При монтаже запрещается вращать прибор за корпус во избежание перекоса механизма и его повреждения; нужно пользоваться гаечным ключом, вращая штуцер за четырехгранник.

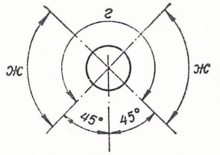


Рис. 3.7. Зоны по сечению трубопровода, в которых устанавливают отборные устройства для измерения давления газа (г) и жидкости (ж)

В месте установки допускается вибрация, вызывающая размах стрелки не более 1/10 деления шкалы; при больших вибрациях подбирают виброустойчивые приборы. Для измерения давления пульсирующих и переменных нагрузок перед прибором следует подключать устройство, гасящее пульсацию.

Соединения приборов с трубами, подводящими давление, уплотняют прокладками из кожи (при давлении до 1 МПа), свинца (до 5 МПа), меди (свыше 5 МПа) или фибры (до 50 МПа). При измерении давления кислорода ставят свинцовые прокладки, а аммиака — из мягкой стали.

Приборы можно нагружать при постоянном давлении до 3/4 верхнего предела измерений, а при переменном — до 2/3. Под постоянным следует понимать такое давление, которое изменяется со скоростью не более 1% в секунду от суммы абсолютных значений пределов измерений; переменное давление многократно изменяется со скоростью не более 10% в секунду. Характерные неисправности деформационных манометров, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 3.5, жидкостных — в табл. 3.6.

При монтаже деформационных приборов необходимо подводящие линии делать из трубок с внутренним диаметром не менее 3 мм, не допуская резких перегибов.

Предварительно следует проверить отклонение стрелки от нулевой отметки шкалы, основную погрешность, вариацию показаний и герметичность чувствительного элемента.

Если стрелка отклонилась от нулевой отметки шкалы

на величину, превышающую половину допускаемой основной погрешности, надо произвести корректировку нуля, поворачивая отверткой корректор до установки стрелки на нуль.

Таблица 3.5

Характерные неисправности деформационных манометров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
Стрелка стоит на нулевой отметке при повышении давления	Засорились канал штуцера или подводящая давление магистраль	Прочистить канал штуцера, сняв манометр; продуть магистраль сжатым воздухом
	Лопнул чувствительный элемент	Капитальный ремонт
	Не открыты запорные вентили, засорились соединительные линии	Открыть вентиль, продуть соединительные линии
	Негерметическое соединение штуцера с подводящей давление магистралью	Проверить наличие прокладки и плотность соединения
	Отсоединился один из элементов передаточного механизма	Присоединить элемент, провести регулировку начальной и конечной отметки шкалы
При понижении давления до барометрического стрелка не доходит до нулевой отметки	Усталость чувствительного элемента	Отрегулировать прибор, установить стрелку на нуль с помощью корректора нуля Плотно закрепить стрелку на оси, установить ее положение путем сличения показаний с образцовым прибором
Стрелка медленно возвращается на нулевую отметку	Погнута ось стрелки или сама стрелка	Выровнять ось или стрелку
	Поврежден спиральный волосок	Сменить спиральный волосок; если запутались витки, их располагают в одной плоскости
	Стрелка задевает за стекло или циферблат	Выровнять стрелку

1	2	3
Прибор не держит давление	Нет герметичности между чувствительным элементом и штуцером	Капитальный ремонт
	Недостаточная герметичность соединения прибора с местом отбора давления	Сменить прокладку между штуцером и посадочным местом
Прибор невозможно ввернуть в место отбора давления	Забита резьба в месте отбора давления	Прокалибровать резьбу плашкой соответствующего диаметра
	Резьба в месте отбора давления имеет другой размер	Подключить через переходной штуцер
После соединения прибора с местом отбора давления стрелка движется в обратную сторону	Прибор установлен с перекосом	Устранить перекос
Показания прибора занижены и непостоянны	Негерметичны соединительные линии	Устранить негерметичность
Стрелка отстает или опережает показания на всех отметках шкалы на одинаковую величину	До измерения стрелка не находилась на нулевой отметке	Установить стрелку на нулевую отметку с помощью корректора

Основная погрешность определяется путем установки стрелки прибора на оцифрованные отметки шкалы и отсчета действительного значения измеряемого давления по образцовому прибору. Образцовыми приборами могут быть жидкостные микроманометры МКВ-250 и ММН-240, переносной прибор типа ППР-2М, манометры типа МО и вакуумметры типа ВО.

Вариацию показаний находят как разность между показаниями при прямом и обратном ходе на отметках, выбранных для определения основной погрешности. Контрольную поверку производят раз в полгода.

Таблица 3.6

Характерные неисправности жидкостных манометров для измерения давления и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Прибор не реагирует на колебания измеряемого давления	Засорены подводящие линии или резиновые трубки	Продуть подводящие линии и резиновые трубки
	«Заломаны» резиновые трубки	Сменить резиновые трубки
Жидкость перемещается в трубках скачком	Наличие жира на внутренней поверхности трубок	Прочистить или промыть трубки
Показания прибора непостоянны	Негерметичность подводящих линий	Герметизировать подводящие линии
	Растрескивание резиновых трубок	Сменить резиновые трубки

Герметичность чувствительного элемента проверяют следующим образом. Плавно увеличивают давление до верхнего предела измерения и выдерживают не менее 5 минут. Прибор считается герметичным, если после 3 минут выдержки в течение 2 минут падение давления не превышает 1% от предела измерения. Затем давление плавно уменьшают.

Подводящие линии периодически продувают сжатым воздухом или инертным газом под давлением 0,1 МПа.

Место монтажа выбирают так, чтобы обеспечивалась хорошая видимость циферблата прибора. Во избежание запаздывания показаний расстояние между прибором и местом отбора давления должно быть минимальным.

Техническое обслуживание регулирующих устройств заключается в проверке погрешности срабатывания контактов, зоны нечувствительности, а также сопротивления электрической изоляции между корпусом и токопроводящими деталями не реже одного раза в три месяца. Кроме того, необходимо следить за герметичностью присоединения трубопровода к приборам и за тем, чтобы давление, поступающее в прибор, не было пульсирующим.

Проверка основной погрешности срабатывания контактов и зоны нечувствительности производится при настройке

регулировочной пружины с крайними значениями диапазона настройки и на двух промежуточных точках с минимальным, максимальным и средним значениями зоны нечувствительности на каждой проверяемой точке. Подводимое давление отсчитывают по образцовому манометру, а разрежение — по образцовому вакуумметру, погрешность которых не должна превышать 1/4 основной допускаемой погрешности срабатывания прибора.

Контроль срабатывания и возврата производят визуально по контрольной лампочке, включенной в электрическую цепь прибора. Скорость изменения контролируемого давления должна быть не более 0,5 МПа в минуту при подходе к точке срабатывания.

Сопротивление электрической изоляции проверяется мегомметром, развивающим напряжение 500 В постоянного тока. Один полюс мегомметра присоединяют к клеммам, другой — к корпусу прибора.

Характерные неисправности устройств для регулирования давления, возможные причины и способы их устранения приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Характерные неисправности устройств для регулирования давления и способы их устранения

Неисправность	Возможные причины	Способы устранения
При изменении контролируемого давления отсутствует электрический сигнал	Нарушена электрическая цепь прибора	Восстановить электрическую цепь
	Неисправность контактного устройства	Прибор подлежит замене
	Нарушена герметичность сильфона	Прибор подлежит замене
Прибор не реагирует на изменение давления	Засорилось отверстие в ниппеле	Прочистить отверстие медной или латунной проволокой
Срабатывают контакты при более высоком давлении, чем заданное уставкой	Негерметичность присоединения трубопровода к прибору	Заменить сальник и надежно затянуть гайку
	Нарушена герметичность сильфона	Прибор подлежит замене

Краткое содержание работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту приборов для измерения и регулирования давления и разрежения приведено в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Содержание работ по обслуживанию и техническому ремонту приборов для измерения и регулирования давления и разрежения

Наименование прибора	Техническое обслуживание	Текущий ремонт
Манометр, мановакуумметр общего назначения, показывающий и регистрирующий	Осмотреть. Обеспечить функционирование и регистрацию	Проверить показания по образцовому прибору. Проверить цепи сигнального устройства, очистить контакты, настроить на заданный диапазон
Электроконтактный манометр с индукционным преобразователем	Осмотреть. Проверить работу преобразователя, устранить неисправности	Разобрать и очистить. Сменить смазку. Оттарировать. Сдать мастеру
Образцовый манометр	Осмотреть	Вскрыть и очистить от пыли, грязи и коррозии. Заменить стекло и краску. Отрегулировать смещение стрелок. Смазать механизм. Отрегулировать показания по допустимым предельным погрешностям. Подготовить к поверке
Грузопоршневой манометр	Осмотреть. Протереть пыль. Проверить установку стрелки на нуль	Подогнать резьбу на штуцере и очистить канал. Устранить перекосы и затирания вращающихся деталей. Отрегулировать зазоры и притереть зазорные вентили
Микроманометр с наклонной трубкой, с сигнальным устройством	Осмотреть. Проверить установку стрелки на нуль и срабатывание контактов на заданном диапазоне	Уплотнить штуцер. Проверить показания по образцовому прибору. Проверить изоляцию и цепи сигнализации. Очистить контакты и настроить их на заданный диапазон
Тягомер, тягонапоромер, напоромер	Осмотреть. Проверить установку стрелки на нуль	Проверить узлы подключения прибора и установить стрелку на нуль. Проверить показания по образцовому прибору и герметичность прибора
Регулятор давления	Осмотреть. Проверить импульсные линии	Настроить регулятор. Устранить неисправность в кинематике. Отрегулировать прибор на заданный диапазон

ГЛАВА 4

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕМЕРОВ И ПРИНЦИПЫ ИХ УСТРОЙСТВА

В процессе производства измерение уровня жидкостей и сыпучих материалов необходимо для учета их наличия и расхода, определения отклонения фактического уровня от заданного значения, а также для отмеривания нужного количества используемого материала.

Приборы для измерения уровня различают:

по роду исследуемого материала: для измерения уровня жидкостей, сыпучих материалов и кусковых твердых тел;

по назначению: для контроля и сигнализации предельных значений уровня; для непрерывного измерения значений уровня; для определения границы раздела двух несмешивающихся сред, обладающих различной плотностью и акустическим сопротивлением (например, вода и керосин);

по принципу действия: визуальные, механические, манометрические, электрические и акустические.

К визуальным уровнемерам относятся мерные стекла, с помощью которых можно наблюдать за уровнем непосредственно в резервуаре или в трубке, сообщающейся с ним.

Примером механических уровнемеров может служить поплавковый прибор с пружинным уравновешиванием УДУ, предназначенный для измерения уровня в больших резервуарах. Принцип его работы основан на действии поплавка, плавающего на поверхности жидкости и перемещающегося вместе с ее уровнем (рис. 4.1).

Поплавок 1, подвешенный на перфорированной мерной ленте 3, при изменении уровня жидкости скользит вдоль направляющих струн 2. Лента, проходя через систему угловых роликов и гидрозатвор, вступает в зацепление со штырями мерного шкива 14 показывающего прибора. Перемещение шкива передается на отсчетный механизм 13,

показания которого соответствуют уровню жидкости в резервуаре.

Пружина двигателя постоянного момента 11, который обеспечивает натяжение мерной ленты, одним концом прикреплена к ведущему барабану 12, сидящему на одной оси со шкивом-накопителем 9; другой конец пружины свободно охватывает барабан 10, создавая постоянный момент в направлении, показанном стрелкой. Когда поплавок находится в верхнем положении, мерная лента смотана на

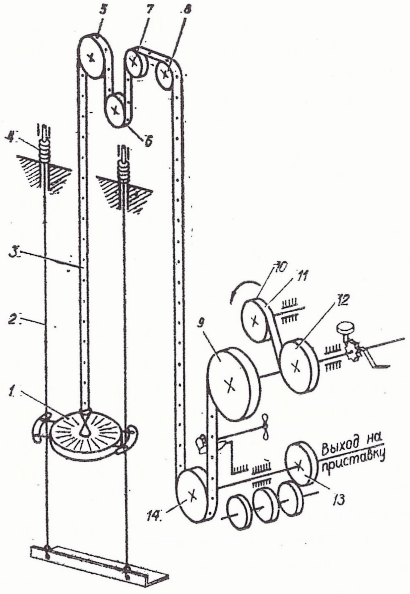


Рис. 4.1. Кинематическая схема поплавкового уровнемера типа УДУ:

1 — поплавок, *2* — направляющие струны, *3* — перфорированная мерная лента, *4* — натяжное устройство; *5, 6, 7, 8* — шкивы, *9* — шкив-накопитель; *10, 12* — барабаны, *11* — пружина двигателя постоянного момента, *13* — отсчетный механизм, *14* — мерный шкив

шкив-накопитель, а лента пружинного двигателя — на барабан 10. При понижении уровня жидкости поплавок преодолевает момент трения в подвижной системе прибора, а также момент, создаваемый пружинным двигателем, и перемещается вниз. Мерная лента, вращая шкив-накопитель, одновременно перематывает пружину двигателя постоянного момента с барабана 10 на барабан 12, накапливая тем самым энергию. При повышении уровня вес поплавка компенсируется выталкивающей силой жидкости, натяжение мерной ленты уменьшается, пружинный двигатель преодолевает момент трения в подвижной системе прибора и сматывает мерную ленту на шкив-накопитель,

Натяжные устройства 4 осуществляют натяжение направляющих струн.

На рис. 4.2 показана принципиальная схема дистанционной приставки, служащей для подачи на вторичный показывающий прибор электрических сигналов, которые дублируют значения уровня, показываемого счетным механизмом уровнемера типа УДУ. С помощью приставки подаются сигналы о крайних положениях уровня жидкости.

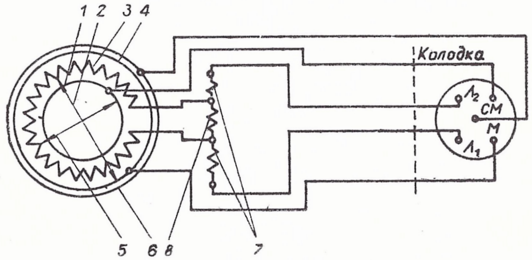


Рис. 4.2. Принципиальная схема дистанционной приставки к уровнемеру типа УДУ:

1 — кольцо сантиметров, *2* — щетка метров, *3* — реохорд, *4* — кольцо метров, *5* — щетка сантиметров, *6* — сигнальное кольцо, *7* — резистор R-2750 Ом, *8* — шунт реохорда

Цепи контроля и сигнализации не связаны между собой. Схема сигнализации работает непрерывно, а схема контроля включается при измерении уровня в резервуаре. Перемещение поплавка передается на щетки реохорда, и по сопротивлению, вводимому щетками приставки, судят о высоте уровня жидкости в резервуаре. Измерение сопротивления, вводимого на реохорде, производят автоматическим электронным мостом по схеме, показанной на рис. 4.3.

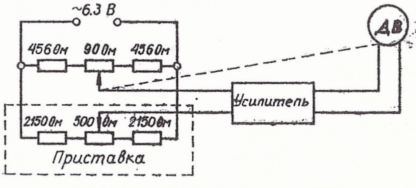
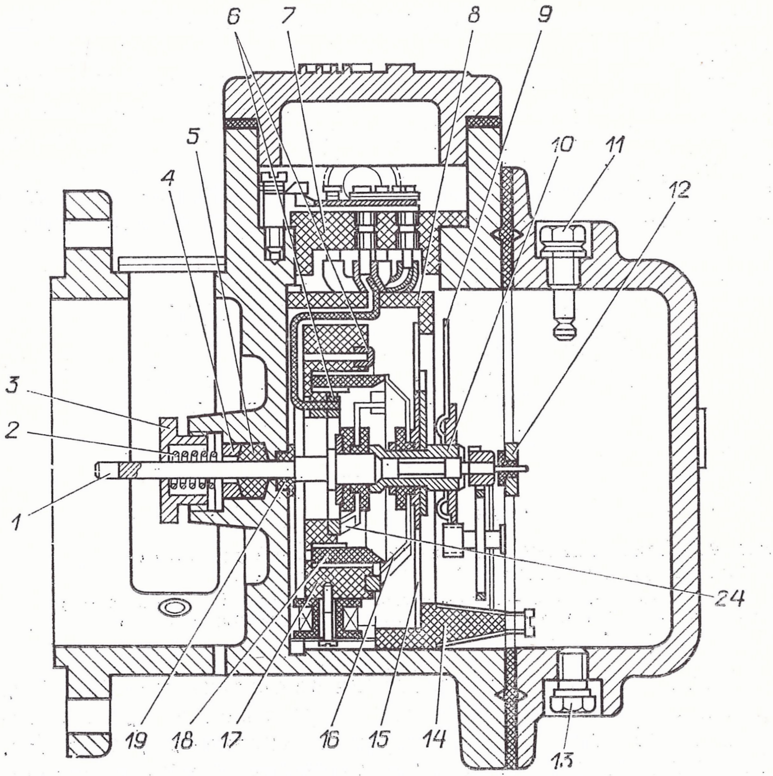


Рис. 4.3. Принципиальная схема работы дистанционной приставки указателя уровня с мостом

При несоответствии между положениями щетки дистанционной приставки и ползунка реохорда моста между ними появляется напряжение небаланса, которое усиливается до определенного значения и подается на электродвигатель. Вал двигателя через редуктор связан с ползунком реохор-



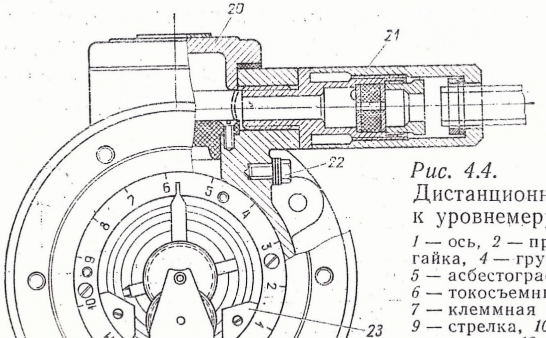


Рис. 4.4.
Дистанционная приставка к уровнемеру типа УДУ:

1 — ось, *2* — пружина, *3* — нажимная гайка, *4* — грундбукса, *5* — асбестографитовая набивка, *6* — токосъемные кольца, *7* — клеммная колодка, *8* — шкала, *9* — стрелка, *10* — втулка, *11* — пробка со щупом; *12, 19* — подшипники скольжения, *13* — сливная пробка, *14* — двухступенчатый редуктор, *15* — электроконтактный механизм, *16* — щетка метров, *17* — основание, *18* — реохорд, *20* — крышка, *21* — муфта, *22* — болт заземления, *23* — контактный упор, *24* — щетка сантиметров

да и со шкалой моста. Под воздействием этого напряжения двигатель моста перемещает ползунок реохорда и напряжение небаланса уменьшается. Когда оно уменьшится до нуля, вращение электродвигателя прекратится, ползунок реохорда остановится в положении, строго соответствующем положению щетки датчика.

Конструкция прибора изображена на рис. 4.4.

Реохорд 18 представляет собой кольцо с равномерно намотанной манганиновой проволокой. Он крепится в пластмассовом основании 17, в котором армированы два токосъемных кольца 6 и закреплены шунтирующее реохорд сопротивление, а также два сопротивления по 2750 Ом, входящие в плечи измерительного моста.

Ось 1, вращающаяся в подшипниках скольжения 19 и 12, имеет сальниковое уплотнение, состоящее из асбестографитовой набивки 5, грундбуксы 4, пружины 2 и нажимной гайки 3.

Щетка метров 16 жестко закреплена на втулке 10, свободно вращающейся на оси. Вращение оси приставки передается втулке 10 через двухступенчатый редуктор 14. Один конец щетки метров скользит по токосъемному кольцу, а второй — по торцовой поверхности реохорда. Полному повороту щетки метров соответствует четырнадцать оборотов щетки сантиметров 24, которая жестко укреплена на оси 1. Один конец щетки сантиметров скользит по токосъемному кольцу, а второй, несущий константановый контакт,— по внутренней поверхности реохорда.

Устройство для сигнализации крайних положений уровня состоит из шкалы 8, стрелки 9 и электроконтактного механизма 15. Стрелка плоской пружиной прижимается к торцу шестерни редуктора и при ее вращении перемещается вместе с ней. Такое скрепление позволяет произвести поворот стрелки относительно заторможенной шестерни. При повороте стрелки до одного из двух крайних контактных упоров 23 замыкается цепь сигнализации крайних положений уровня жидкости в резервуаре. Упоры за счет перемещения вдоль пазов кольца электроконтактного устройства настраиваются на определенную величину крайних положений измеряемого уровня резервуара. Один упор соответствует верхнему измеряемому уровню жидкости в резервуаре, а второй — нижнему.

В верхней части крышки дистанционной приставки имеется пробка со щупом 11 для заливки масла и контроля уровня, а в нижней — пробка 13 для слива масла.

Провода в дистанционную приставку подводятся через

муфту 21, закрепляются в ней и подсоединяются к клеммной колодке 7, после чего крышка 20 закрывается. Для обеспечения взрывобезопасности на наружной поверхности приставки и внутри вводной клеммной коробки имеются зажимы под болты заземления 22.

Манометрические уровнемеры работают по принципу определения разности гидростатических давлений в измеряемой и сравнительной емкостях. Схема уровнемера показана на рис. 4.5.

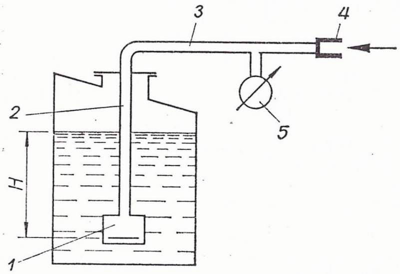


Рис. 4.5. Принципиальная схема манометрического уровнемера:
1 — преобразователь, *2* — импульсная трубка, *3* — линия питания, *4* — дроссель, *5* — манометр

Преобразователь 1, уменьшающий пульсацию давления воздуха при выходе пузырьков, представляет собой полый замкнутый цилиндр с горизонтальными щелями. Дроссель 4 предназначен для ограничения подачи воздуха, который прокачивают через линию питания 3 в заданных пределах. Манометр 5 обеспечивает силовую компенсацию массы столба жидкости в резервуаре. Если в импульсную трубку 2 подать сжатый воздух, то в ней установится давление, равное гидростатическому давлению столба жидкости на уровне расположения щели в преобразователе.

Давление воздуха, прокачиваемого по трубке, всегда будет равно гидростатическому:

$$P = H \cdot \varrho \cdot g,$$

где H — высота столба жидкости над обрезом трубки; ϱ — плотность жидкости; g — ускорение свободного падения.

Электрические уровнемеры представляют большую группу приборов, использующих изменение электрических параметров — емкости, индуктивности и др. — в зависимости от изменения уровня контролируемой среды.

Наибольшее распространение получил емкостный уровнемер ЭИУ-2. В этом приборе измерение электрической емкости производится с помощью индуктивно-емкостного моста. При изменении уровня контролируемой среды вдоль оси прибора изменяется электрическая емкость, нарушается равновесие моста и на его выходе появляется напряжение, пропорциональное изменяющемуся уровню.

На производстве широко применяются сигнализаторы и регуляторы уровня. Электрическая функциональная схема регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3 показана на рис. 4.6.

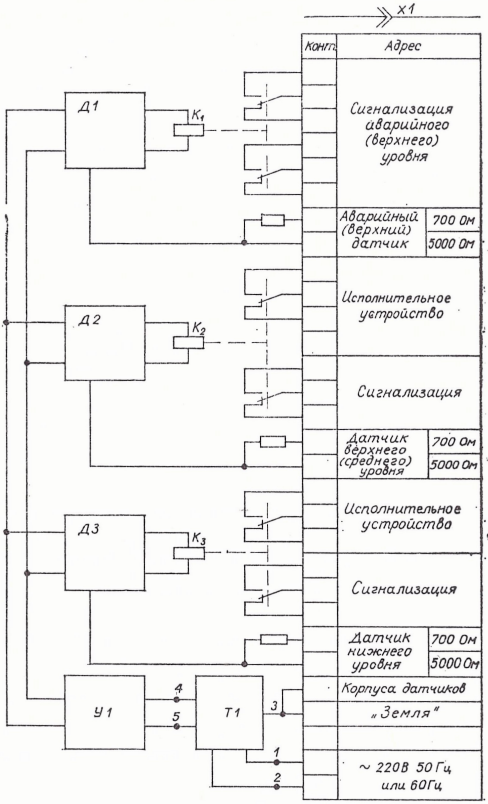


Рис. 4.6. Электрическая функциональная схема регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3

Схема включает в себя три транзисторных каскада (Д1...Д3), нагрузкой каждого из которых является выходное реле К1...К3, а также выпрямитель У1 и силовой понижающий трансформатор Т1. Принцип работы прибора основан на преобразовании изменения электрического сопротивления между электродом преобразователя и стенкой сосуда в электрический релейный сигнал. Погружение электрода преобразователя в контролируемую электропроводную среду вызывает уменьшение сопротивления, а осушение — его увеличение. Два преобразователя (датчика) служат для поддержания уровня контролируемой среды

в рабочем диапазоне, а третий — для контроля за аварийным положением уровня.

Принцип работы дистанционного электрического индикатора уровня показан на рис. 4.7.

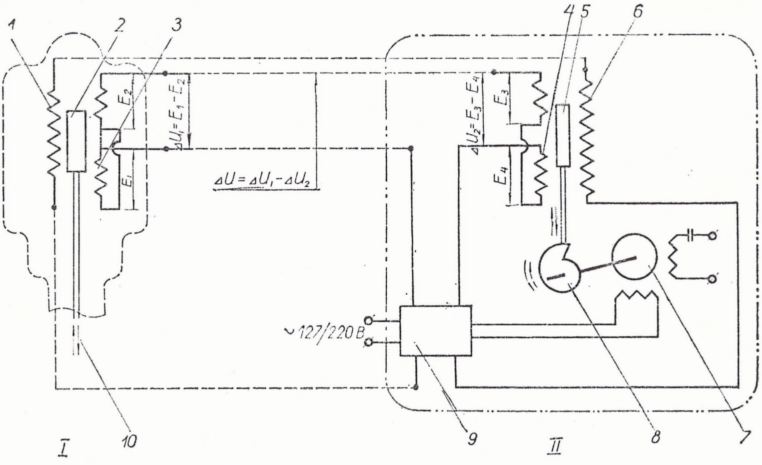


Рис. 4.7. Схема дистанционного электрического индикатора уровня:
I — датчик, II — вторичный прибор; *1, 6* — первичные обмотки катушек, *2, 5* — сердечники, *3, 4* — вторичные обмотки катушек, *7* — реверсивный двигатель, *8* — кулачок, 9 — усилитель, *10* — направления перемещения измерительной системы

В измерительную схему входят две индукционные катушки, одна из которых (обмотка 1 и 3) помещена в датчик, а другая (обмотки 4 и 6) — во вторичный прибор, который состоит из усилителя 9 и реверсивного двигателя 7, приводящего в движение сердечник 5 катушки посредством кулачка 8.

При подаче напряжения переменного тока на первичные обмотки 1 и 6 во вторичных обмотках 3 и 4 каждой катушки индуктируется ЭДС. Когда сердечник 2 катушек датчика находится в среднем (нейтральном) положении, ЭДС $E1$ и $E2$ равны и направлены навстречу друг другу, т. е. $\Delta U = E1 - E2 = 0$. Если сердечник 5 катушки вторичного прибора тоже находится в среднем положении, то разность ЭДС секций этой катушки также равна нулю. В этом случае во вторичной цепи тока нет и напряжение на входе усилителя $\Delta U = 0$. При смещении сердечника 2 катушки датчика от среднего положения вследствие изменения контролируемой величины меняется распределение магнитных

потоков в секциях вторичной обмотки 3, индуктируемые в них ЭДС уже не равны друг другу. Во вторичной цепи измерительной схемы возникает ток небаланса, создающий на входе усилителя падение напряжения ΔU. Значение этого напряжения практически является функцией линейного перемещения сердечника 2 датчика, а его фаза — функцией направления перемещения сердечника от среднего положения. Напряжение небаланса через усилитель 9 поступает на управляющую обмотку двигателя 7, который, придя во вращение, перемещает с помощью кулачка 8 сердечник 5 катушки вторичного прибора до момента согласования положений сердечников 2 и 5, т. е. до получения равенства напряжений, индуктируемых во вторичных обмотках обеих катушек. С осью двигателя 7 механически связаны показывающее, записывающее и регулирующее устройства.

Экономному и рациональному расходованию сырья и материалов способствует применение сигнализаторов предельных значений с выдачей звуковых и световых сигналов. Электрическая схема такого устройства показана на рис. 4.8.

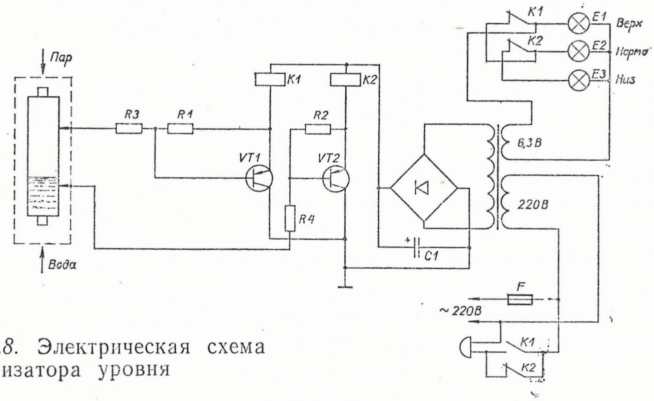


Рис. 4.8. Электрическая схема сигнализатора уровня

Сигнализатор состоит из преобразователя (датчика), электронно-релейного блока и сигнального прибора (электрического звонка громкого боя). Сигнальные лампы включаются при помощи электронного реле в зависимости от положения уровня жидкости по отношению к контактам датчика.

При понижении уровня жидкости сверх установленного положения нижнего контакта датчика к обеим базам триодов будет приложено положительное напряжение через

резисторы $R1$ и $R2$, транзисторы $VT1$ и $VT2$ будут закрыты, контакты реле К1 и К2, включенных в эмиттерные цепи транзисторов, разомкнутся. Нормально замкнутые контакты в этом случае включают лампу $E3$ и звонок, сигнализирующие о том, что уровень жидкости ниже нормы. Если уровень находится между верхним и нижним контактами датчика, нижний контакт через жидкость соединяется с корпусом (землей), минусовое напряжение подается на базу транзистора $VT2$, он открывается и обеспечивает срабатывание реле К2: замыкаются нормально открытые контакты, а нормально закрытые размыкаются, отключая лампу $E3$ и звонок, включается лампа $E2$, сигнализирующая о том, что уровень жидкости в пределах нормы.

При повышении уровня и достижении им предела, установленного верхним контактом датчика, транзистор $VT1$ открывается; срабатывает реле К1, загорается лампочка $E1$ и замыкается цепь звонка. Минус постоянного выпрямленного напряжения соединен с корпусом блока.

4.2. МОНТАЖ, НАСТРОЙКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УРОВНЕМЕРОВ

Перед монтажом уровнемера следует проверить соответствие его технической характеристики требованиям эксплуатации.

Прибор необходимо установить в строго вертикальном положении и надежно закрепить, чтобы исключить возможность смещения его во время работы от вибрации.

Настройка дистанционной приставки к уровнемеру типа УДУ, заключающаяся в согласовании показаний прибора с фактическим уровнем жидкости в резервуаре, производится при заполнении резервуара. Уровень тщательно замеряется с помощью рулетки, затем вращением валика отсчетного механизма набираются показания, соответствующие замеренному уровню, и дублируются на дистанционную приставку. Настройку производят при включенном электронном мосте; показания на шкале моста должны соответствовать фактическому уровню жидкости в резервуаре.

При техническом обслуживании приставки раз в сутки проверяют уровень масла в ее корпусе. Раз в год масло заменяют.

Техническое обслуживание электрического уровнемера предусматривает проверку качества сочленения разъемов и надежности заземления, осмотр рабочей части электрода, на которой скапливаются отложения из контролируемой среды, а также фиксирование контрольных показаний при подключении эквивалента прибора и определение сопротивления изоляции. Винты, соединяющие разъем с корпусом, и винт заземления необходимо подтянуть; вывернув преобразователь из резервуара, протереть электроды; отсоединив кабель от преобразователя и подключив к кабелю конденсатор-эквивалент с заданной емкостью, зафиксировать показания, которые и будут контрольными; с помощью мегаомметра напряжения 500 В определить сопротивление изоляции электрических цепей относительно корпуса.

Характерные неисправности электрических уровнемеров, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Характерные неисправности электрических уровнемеров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При отсутствии среды стрелка прибора устанавливается на показаниях более 100%	Обрыв или отсутствие контакта в кабеле	Устранить обрыв кабеля
	Отсутствие заземления прибора	Заземлить прибор
	Короткое замыкание оплетки кабеля на корпус	Устранить замыкание
При изменении уровня среды стрелка стоит на нуле	Отсутствие питающего напряжения	Проверить наличие питающего напряжения
	Обрыв провода	Проверить (прозвонить) линию и устранить обрыв

Техническое обслуживание регуляторов уровня заключается в проведении 1—2 раза в год следующих регламентных работ:

проверка надежности подсоединения проводов к преобразователям и релейному блоку, наличия заземления релейного блока, целостности резиновых колпачков на преобразователях:

осмотр рабочей поверхности преобразователей, удаление отложений из контролируемой среды на электроде и его изоляционных частях с помощью чистой ткани, смоченной растворителем;

измерение сопротивления изоляции между контактами вилки штепсельного разъема и корпусом релейного блока при отсоединенном гнезде разъема, а также между центральным электродом и корпусом каждого преобразователя с помощью мегомметра напряжением 500 В (сопротивление не должно быть ниже 20 МОм);

проверка качества заземления путем измерения переходного сопротивления заземляющего устройства релейного блока и каждого преобразователя, если его корпус не соединен отдельным проводом с релейным блоком (значение сопротивления не должно превышать 4 Ом).

Характерные неисправности регулятора-сигнализатора ЭРСУ-3, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Характерные неисправности регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3 и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При касании контролируемой среды либо погружении в нее электрода преобразователя аварийного уровня размыкающие контакты реле К1 (рис. 4.6) не размыкаются	Обрыв в цепи питания релейного блока	Проверить линию и устранить обрыв
При осушении электродов преобразователей размыкающие контакты реле не замыкаются	Короткое замыкание в линиях преобразователей	Проверить линию и устранить короткое замыкание

Перед монтажом дистанционного индикатора уровня надо произвести предварительную наладку вторичного прибора по датчику. Для этого в датчик вставляют до упора разделительную трубку из стали Х18Н1ОТ в виде цилиндра, закрытого с одного конца. В разделительную трубку вводят сердечник типа втулки и перемещают его до тех пор, пока стрелка вторичного прибора не установится на штрихе «контроль».

Наладка уровнемеров заключается в проверке правильности монтажа, исправности механической части —свобод-

ного хода движущихся частей, отсутствия люфтов, герметичности уплотнений.

При монтаже датчика сигнализатора уровня необходимо следить, чтобы уровень жидкости в нормальном состоянии находился между нижним и верхним контактами на одинаковом расстоянии. Соединяющие провода сигнализатора следует прокладывать в трубах, а идущие от электронно-релейного блока к концам датчика — отдельно от кабелей и других проводов переменного тока во избежание наводки ЭДС. Электронно-релейный блок и корпус датчика должны иметь общее заземление.

Техническое обслуживание сигнализатора уровня сводится к периодическому, раз в месяц, осмотру контактов реле, проверке состояния контактов датчика, исправности электропроводки и заземления прибора.

ГЛАВА 5

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПАРА

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Приборы для измерения расхода, или расходомеры, служат для определения количества вещества, проходящего через трубопровод в единицу времени. При этом основными единицами измерения по системе СИ являются кг/с (массовый расход) и м^3/с (объемный расход).

По принципу измерения различают расходомеры переменного перепада давления, постоянного перепада (ротаметры) и индукционные.

Для анализа и подсчета расхода топлива за сутки (например, газа в туннельных печах обжига фарфоро-фаянсовых изделий) с целью выявления резерва экономии топливных ресурсов требуются данные о среднем значении расхода газа или жидкости, т. е. значение площади, ограниченной кривой на диаграммном диске вторичного регистрирующего расходомера. Эту площадь определяют планиметром.

Количество жидких и газообразных веществ измеряется счетчиками жидкостей и газосчетчиками.

5.2. РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

В комплект расходомера переменного перепада давления входят: сужающее устройство (диафрагма), установленное в трубопроводе, прибор для измерения перепада давления — дифманометр, а также связывающие их импульсные трубки с вспомогательными устройствами — уравнительными сосудами, запорной арматурой и др.

Внешний вид диафрагмы, применяемой на промышленных предприятиях в качестве сужающего устройства, показан на рис. 5.1.

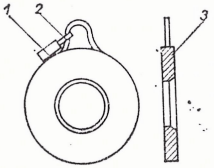


Рис. 5.1. Бескамерная диафрагма:
1 — пластина, *2* — ушко, *3* — диск

На пластину 1 при установке диафрагмы наносят следующие данные: условное обозначение, значение давления среды, диаметр трубопровода, марку стали, из которой изготовлена диафрагма, и номер стандарта на диафрагму.

Для поддержания постоянства и равенства уровней конденсата в системе, передающей перепад давления от диафрагмы к дифманометру, при измерении расхода водяного пара применяют уравнительные конденсационные сосуды типа СКМ-40. Его конструкция представлена на рис. 5.2.

К обечайке 2 приварены два донышка 3. Трубки 4 и 1 служат для присоединения уравнительного сосуда соответственно к диафрагме и дифманометру.

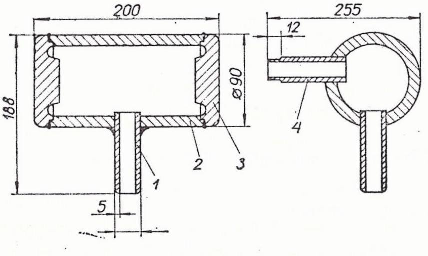


Рис. 5.2. Уравнительный конденсационный сосуд типа СКМ-40:
1 — трубка присоединения к дифманометру, *2* — обечайка, *3* — донышко, *4* — трубка присоединения к диафрагме

В зависимости от принципа действия различают дифманометры поплавковые, колокольные, мембранные с силовой компенсацией и сильфонные пневматические.

Поплавковый дифманометр типа ДПМ, принципиальная схема которого приведена на рис. 5.3, состоит из двух

герметичных сосудов — поплавкового (плюсового) 2 и сменного (минусового) 9, сообщающихся между собой соединительной трубкой 10 и заполненных жидкостью.

К плюсовому сосуду подводится большее, а к минусовому — меньшее давление, разность которых составляет перепад давления. В первом сосуде на поверхности жидкости находится пустотелый поплавок 1. При изменении уровня жидкости перемещение поплавка через рычаг 3 передается измерительному механизму. Высота, на которую перемещается поплавок, определяет значение измеряемого перепада давления. На линиях подвода давлений установлены запорные вентили 6 и 8 к устройствам для продувки соединительных линий и уравнительный вентиль 7.

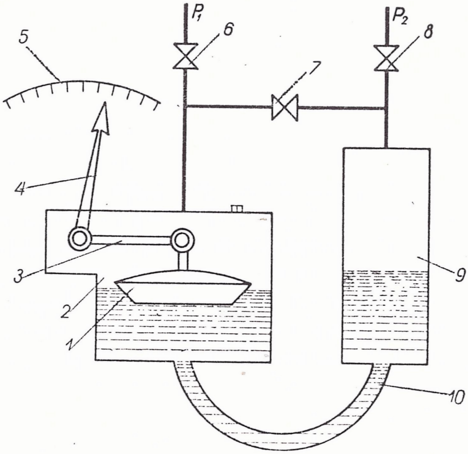


Рис. 5.3. Принципиальная схема поплавкового дифманометра типа ДПМ:
1 — поплавок,
2 — плюсовой сосуд,
3 — рычаг,
4 — стрелка,
5 — шкала,
6, 8 — запорные вентили,
7 — уравнительный вентиль,
9 — минусовой сосуд,
10 — соединительная трубка

С целью уменьшения влияния температуры окружающего воздуха кривошип 6 (рис. 5.4) и рычаг поплавка снабжены биметаллическим компенсатором.

Движение поплавка посредством шарнирно связанного с ним рычага передается на ось 7 уплотнительной муфты; здесь линейное перемещение поплавка преобразуется в угловое. Угол поворота оси 7 уплотнительной муфты при помощи тяги 5, соединенной с кривошипом 6, передается на ось 3, на которой жестко закреплен сектор, и через сектор-трибку — на ось лекала 1. По профилю лекала, рассчитанного по квадратичной зависимости, скользит щуп 2, на оси которого крепится перо 4.

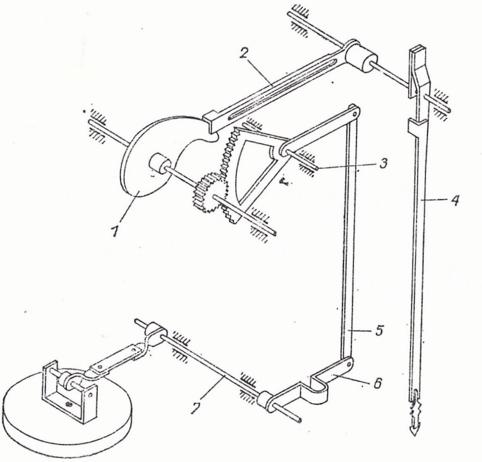


Рис. 5.4. Кинематическая схема дифманометра типа ДПМ-71 ОР:

1 — лекало,
2 — щуп,
3 — ось сектора,
4 — перо,
5 — тяга,
6 — кривошип,
7 — ось уплотнительной муфты

Колокольные дифманометры работают по принципу поплавковых. Колокол, подвешенный на постоянно растянутой винтовой пружине, плавает в трансформаторном масле, которое разделяет минусовую камеру (над колоколом) и плюсовую (под колоколом). Под воздействием перепада давления колокол поднимается, при этом изменяется взаимная индуктивность между первичной и вторичной обмотками дифференциального трансформатора, внутри которого перемещается плунжер, соединенный с колоколом. Сигнал, пропорциональный перемещению колокола, передается на вторичный прибор с дифференциально-трансформаторной дистанционной системой.

Принцип действия мембранных дифманометров с силовой компенсацией типа ДМ-Э показан на рис. 5.5.

Изменение перепада давления преобразуется на чувствительном элементе 10 измерительного блока в пропорциональное усилие, которое автоматически уравновешивается силовым устройством обратной связи 11. Усилие, с которым измерительный блок воздействует на преобразователь, создает момент, вызывающий незначительное перемещение рычажной системы и связанного с рычагом 2 флажка 3 индикатора рассогласования. Возникающий на индикаторе сигнал рассогласования преобразуется усилителем 1 в выходной сигнал в виде постоянного тока, который поступает в силовое устройство обратной связи и одновременно является выходным сигналом преобразователя. Блок обратной связи включает в себя силовое устройство,

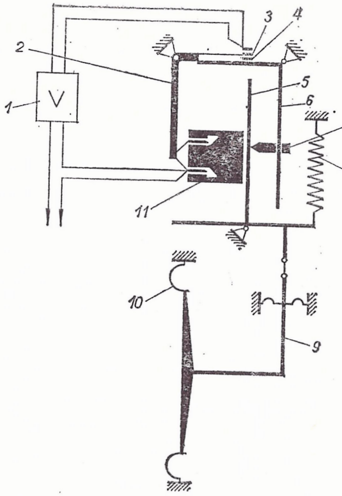


Рис. 5.5. Схема мембранного дифманометра с силовой компенсацией типа ДМ-Э:

1 — усилитель,
2, 5, 6 — подвижные рычаги,
3 — управляющий флажок,
4 — индикатор рассогласования,
7 — ползун,
8 — пружина,
9 — тяга,
10 — чувствительный элемент,
11 — силовое устройство обратной связи

подвижный рычаг 2 с катушкой, индикатор рассогласования 4 и управляющий флажок 3.

В качестве силового устройства обратной связи используется магнитоэлектрический механизм (рис. 5.6), который состоит из стержневого магнита 1 и магнитопровода, представляющего собой основание 4 и полюсную накладку 3, образующую с цилиндрической шейкой магнита кольцевой зазор. В этот зазор помещена подвижная рамка 2, укрепленная на рычаге блока обратной связи преобразователя.

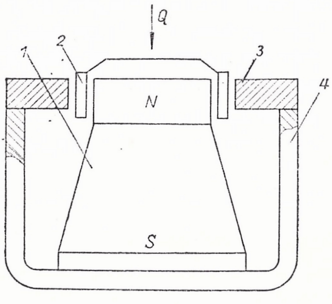


Рис. 5.6. Конструкция магнитоэлектрического механизма мембранного дифманометра с силовой компенсацией:

1 — стержневой магнит,
2 — подвижная рамка,
3 — полюсная накладка магнитопровода,
4 — основание магнитопровода

Усилие обратной связи возникает при взаимодействии протекающего по рамке постоянного тока с полем, которое создается постоянным магнитом в кольцевом зазоре.

Втягивающее усилие пропорционально току, протекающему по обмотке.

Принцип действия сильфонного пневматического дифманометра типа ДС-П3 основан на пневматической силовой компенсации (рис. 5.7).

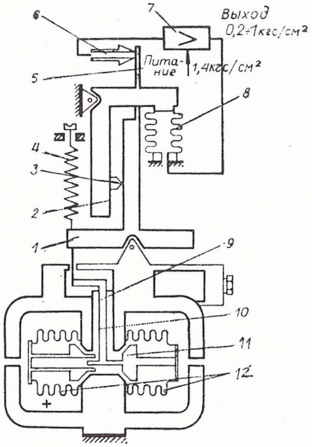


Рис. 5.7. Схема сильфонного пневматического дифманометра типа ДС-П3

1 — Т-образный рычаг, *2* — Г-образный рычаг, *3* — ползун, *4* — пружинный корректор нуля, *5* — заслонка, *6* — сопло, *7* — усилитель, *8*, *12* — сильфоны, *9* — мембрана вывода, *10* — рычаг, *11* — шток

Перепад давления преобразуется в измерительном блоке, состоящем из двух сильфонов 8, 12, соединенных между собой штоком 11, в пропорциональное усилие. Это усилие при помощи рычага 10 с мембраной вывода 9 передается на Т-образный рычаг 1 и Г-образный рычаг 2 и автоматически уравновешивается усилием обратной связи, создаваемым давлением сжатого воздуха в компенсационном элементе — сильфоне 8.

При изменении перепада давления рычажный механизм и связанная с рычагом 1 заслонка 5 незначительно перемещаются относительно сопла 6. Возникающий в линии сопла сигнал рассогласования управляет давлением, поступающим в сильфон 8 с усилителя 7. Это давление подается одновременно в линию дистанционной передачи, являясь мерой контролируемого параметра.

Настройка на заданный диапазон измерения происходит путем плавного перемещения ползуна 3 вдоль рычагов 1 и 2, в результате чего изменяется передаточное отношение рычажного механизма. Начальное значение выходного сигнала точно устанавливают при помощи пружинного корректора нуля 4.

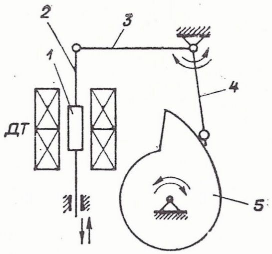
Дифманометры являются бесшкальными приборами, поэтому они работают в комплекте со вторичными приборами обычно дифференциально-трансформаторной системы типа КСД, КВД, ВМД и др.

На рис. 5.8 изображена кинематическая схема прибора ВМД.

Положение плунжера в катушке дифманометра зависит от значения измеряемой величины. Такая же дифференци-

Рис. 5.8. Кинематическая схема вторичного прибора дифференциально-трансформаторной системы типа ВМД:

1 — сердечник, *2* — шток, *3* — вилка, *4* — рычаг кулачка переменной длины, *5* — кулачок ДТ — дифференциальный трансформатор



ально-трансформаторная индукционная катушка встроена в прибор ВМД. Плунжер в катушке прибора перемещается при помощи профилированного диска (кулачка 5), поворот которого осуществляется реверсивным двигателем. На одной оси с кулачком укреплена стрелка прибора, которая указывает значение расхода.

5.3. РОТАМЕТРЫ

Ротаметры называют расходомерами постоянного перепада давления, поскольку перепад давления контролируемого вещества на чувствительном элементе (поплавке, поршне) можно считать постоянным во всем диапазоне измерений.

Основными элементами ротаметра (рис. 5.9) являются конусная трубка 5 и поплавок 6, служащий сопротивлением измеряемой среде. Уплотнение в верхнем и нижнем концах трубки достигается за счет резиновых прокладок 3, 4. Для ограничения хода поплавка предусмотрены упоры 2. Расход измеряют по переменному сечению потока у поплавка при постоянном перепаде давления на нем.

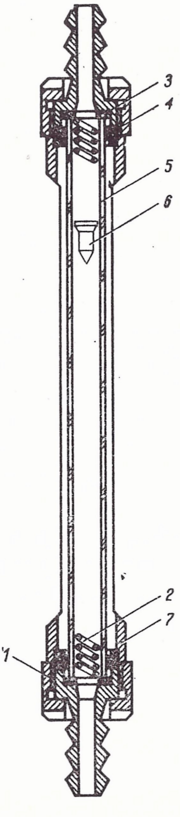


Рис. 5.9. Конструкция ротаметра:

1 — накидная гайка,
2 — упор,
3, *4* — прокладки,
5 — конусная трубка,
6 — поплавок,
7 — обойма

5.4. ИНДУКЦИОННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Принцип действия индукционного расходомера типа ИР основан на явлении электромагнитной индукции. При прохождении электропроводной жидкости через однородное магнитное поле в ней, как в движущемся проводнике, наводится ЭДС, пропорциональная средней скорости потока.

Электромагнит 3 (рис. 5.10) создает внутри участка немагнитной трубы 1 равномерное магнитное поле; ЭДС, образующаяся в жидкости, снимается двумя электродами Э. ЭДС полезного сигнала по экранированному кабелю подается на вход измерительного блока.

5.5. ПЛАНИМЕТРЫ

Планиметры предназначены для обработки записей регистрирующих приборов расходомеров на диаграммных дисках. Различают пропорциональные (типа ППр) и корневые (типа ПК) планиметры.

Пропорциональными определяется среднесуточное значение радиуса записи, а корневыми — среднесуточное значение корня квадратного из радиуса записи в процентах от верхнего предела измерения.

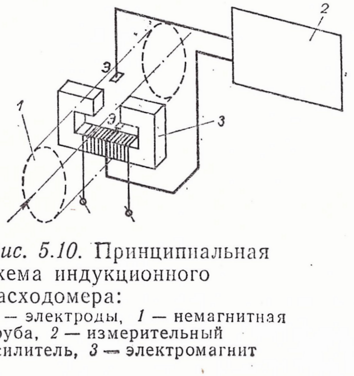


Рис. 5.10. Принципиальная схема индукционного расходомера:
Э — электроды, *1* — немагнитная труба, *2* — измерительный усилитель, *3* — электромагнит

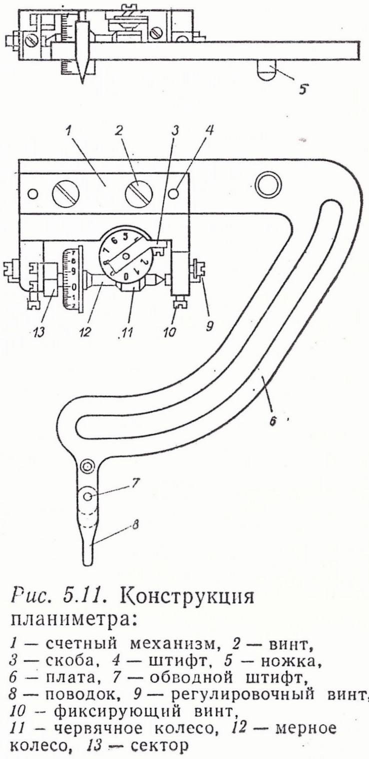


Рис. 5.11. Конструкция планиметра:
1 — счетный механизм, *2* — винт, *3* — скоба, *4* — штифт, *5* — ножка, *6* — плата, *7* — обводной штифт, *8* — поводок, *9* — регулировочный винт, *10* — фиксирующий винт, *11* — червячное колесо, *12* — мерное колесо, *13* — сектор

Планиметр (рис. 5.11) состоит из двух основных частей: платы 6 с направляющим пазом и счетного механизма 1. Плата имеет обводной штифт 7, поводок 8 и две ножки 5 с полированными сферическими поверхностями. Счетный механизм собран на основании, прикрепленном винтами 2 к плате; он включает в себя отсчетный барабан с червяком и мерным колесом 12, имеющий по окружности 100 делений и оцифрованный через 10 делений, а также червячное колесо 11 с лимбом, имеющим 10 делений. Отсчет с лимба снимается по указателю на скобе 3, отсчет с барабана — по указателю на секторе 13, укрепленном на основании счетного механизма.

5.6. СЧЕТЧИКИ ЖИДКОСТЕЙ

Различают объемные и скоростные счетчики жидкостей. К объемным относятся шестеренчатые и лопастные (ротационные).

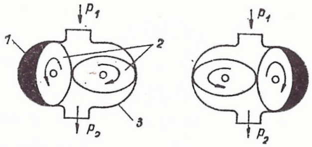


Рис. 5.12. Шестеренчатый счетчик жидкости:

1 — измерительная полость,
2 — овальные шестерни,
3 — камера

Принцип работы шестеренчатого счетчика (рис. 5.12) заключается в следующем. Контролируемая жидкость, протекая через измерительную камеру прибора, приводит во вращательное движение две овальные шестерни 2. Измерительный объем жидкости, находящийся в полости 1, ограничен боковыми стенками камеры 3 и шестерней (на рисунке он заштрихован). За время полного оборота левый и правый измерительные объемы дважды заполняются и опорожняются. Вращение шестерен передается на счетный механизм прибора.

Обычно счетчики этого типа применяют для измерения вязких жидкостей.

Кинематическая схема лопастного (ротационного) счетчика показана на рис. 5.13.

Поток жидкости, поступая через входной патрубок 1 и проходя через измерительную камеру 2, теряет часть напора на создание крутящего момента, который приводит барабан 5 с лопастями 6 во вращение. В приливе каждой

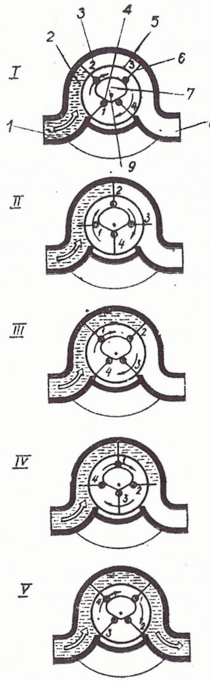


Рис. 5.13. Кинематическая схема лопастного счетчика жидкости:

1 — входной патрубок, *2* — измерительная камера, *3* — корпус, *4* — ролик, *5* — барабан, *6* — лопасть, *7* — кулачок, *8* — выходной патрубок, *9* — ось; I—V — последовательность заполнения измерительной камеры

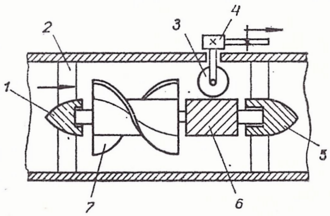


Рис. 5.14. Турбинный счетчик жидкости:

1 — передний обтекатель, *2* — струевыпрямитель, *3* — червячная шестерня, *4* — счетное устройство, *5* — задний обтекатель, *6* — червяк, *7* — вертушка

лопасти установлены ролики 4, которые при вращении обкатываются по кулачку 7, неподвижно закрепленному на оси 9. Благодаря этому при вращении барабана лопасти совершают возвратно-поступательные движения, отсекая за один оборот четыре строго определенных объема измеряемой жидкости, находящейся между корпусом 3 и барабаном 5. Жидкость затем вытекает через выходной патрубок 8. Движение барабана 5 через передаточный механизм передается отсчетному устройству, состоящему из стрелок и цифрового барабана.

Примером скоростного счетчика жидкости может служить турбинный счетчик, изображенный на рис. 5.14. Поток жидкости, поступающей в прибор, выравнивается струевыпрямителем 2 и направляется на лопатки вертушки 7, которая выполнена в виде многозаходного винта. Вращение вертушки передается через червячную пару и передаточный механизм на счетное устройство 4.

5.7. ГАЗОСЧЕТЧИКИ

По принципу действия газосчетчики подразделяются на мембранные, барабанные и лопастные.

Мембранный газосчетчик (рис. 5.15) представляет собой цилиндрический корпус, разделенный поперечной эластичной мембраной с жестким центральным диском на две камеры.

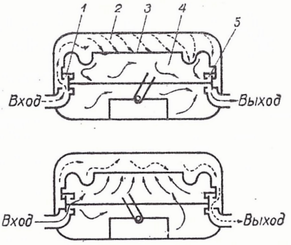


Рис. 5.15. Мембранный газосчетчик:
1 — входная газораспределительная камера, *2* — задняя мерная камера, *3* — мембрана, *4* — передняя мерная камера, *5* — выходная газораспределительная камера

Газ поступает через входной штуцер в газораспределительную камеру 1, заполняет мерную камеру 2 и приводит в движение мембрану 3. При этом газ, находящийся в камере 4, вытесняется через газораспределительную камеру 5 в выходной штуцер. В крайнем положении мембраны диск через специальный механизм производит переключение клапанов, газ поступает в камеру 4, а мембрана перемещается в обратном направлении, вытесняя газ из камеры 2 в выходной штуцер. Перемещения штока клапанов передаются на роликовый счетный механизм, фиксирующий объем учтенного газа.

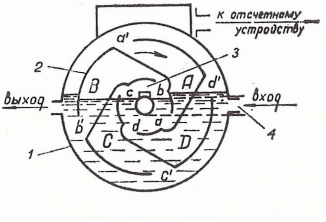


Рис. 5.16. Барабанный газосчетчик:
1 — корпус, *2* — четырехкамерный барабан, *3* — газораспределительная камера, *4* — входной штуцер; *A, B, C, D* — мерные камеры

На рис. 5.16 изображена схема барабанного газосчетчика. Он имеет в качестве рабочего органа пустотелый цилиндрический четырехкамерный барабан 2. Каждая камера сообщается с газораспределительной камерой 3. Корпус 1 газосчетчика заполнен до определенного уровня водой или маслом, которые образуют гидравлический затвор.

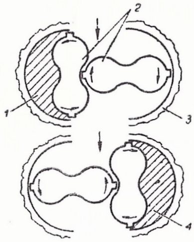


Рис. 5.17. Лопастный газосчетчик:

1, 4 — измерительные объемы, *2* — ротор, *3* — корпус

Под действием газа, входящего через штуцер 4, барабан начинает вращаться, при этом мерные камеры поочередно заполняются газом, который затем вытесняется из них в пространство между корпусом и барабаном и выходит из счетчика. Измерительный объем прибора равен эффективному объему мерной камеры, умноженному на число камер.

Лопастный газосчетчик (рис. 5.17) по принципу действия аналогичен шестеренчатому, только вместо овальных шестерен в нем используются лопасти восьмеричной формы.

5.8. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСХОДОМЕРОВ И СЧЕТЧИКОВ

Монтаж диафрагм к расходомерам переменного перепада давления производят двумя способами — бескамерным и камерным (рис. 5.18 а, б).

В первом случае дисковую диафрагму 4 закрепляют между фланцами 3, приваренными к трубопроводу 1; диф-

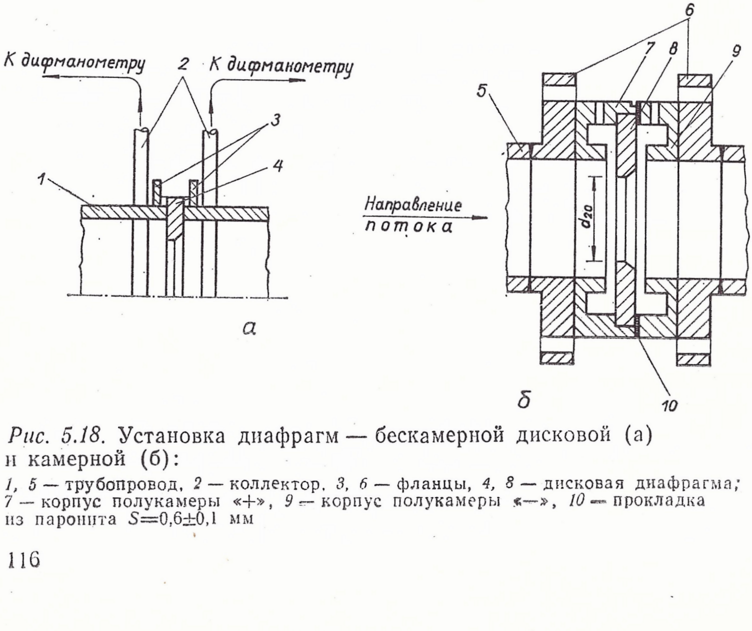


Рис. 5.18. Установка диафрагм — бескамерной дисковой (а) и камерной (б):

1, 5 — трубопровод, *2* — коллектор, *3, 6* — фланцы, *4, 8* — дисковая диафрагма; *7* — корпус полукамеры «+», *9* — корпус полукамеры «—», *10* — прокладка из паронита $S=0{,}6\pm0{,}1$ мм

манометр подключают к коллектору 2. Во втором — диск 8 монтируется между двумя полукамерами 7 и 8; камеру зажимают фланцами 6, которые стягиваются болтами (фланцы приваривают к патрубкам трубопровода 5).

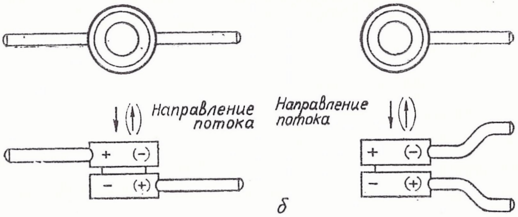


Рис. 5.19. Схема соединения диафрагм с импульсными трубками для горизонтального трубопровода (*а* — удаленного от стены, *б* — около стены)

Схема соединения диафрагмы с импульсными трубками для горизонтального трубопровода, удаленного от стены, дана на рис. 5.19, а, а около стены — на рис. 5.19, б; для вертикального трубопровода — на рис. 5.20.

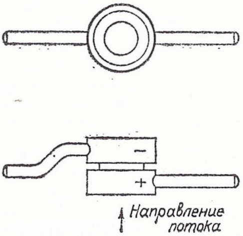


Рис. 5.20. Схема соединения диафрагмы с импульсными трубками для вертикального трубопровода

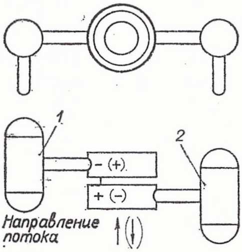


Рис. 5.21. Схема соединения диафрагмы с уравнительными конденсационными сосудами (1, 2)

Соединение диафрагм с уравнительными конденсационными сосудами изображено на рис. 5.21.

На рис. 5.22 показана схема соединительных линий для измерения расхода жидкости, а на рис. 5.23 — для измерения расхода газа.

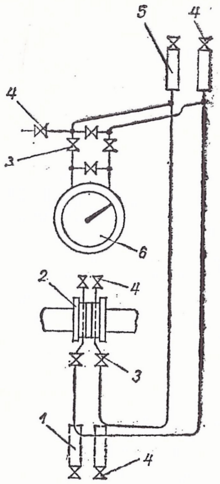


Рис. 5.22. Схема соединительных линий для измерения расхода жидкости:
1 — отстойный сосуд,
2 — сужающее устройство,
3 — запорные вентили,
4 — продувочные вентили,
5 — газосборник,
6 — дифманометр

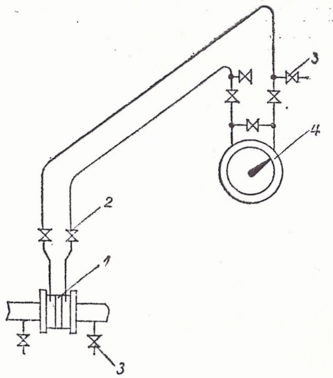


Рис. 5.23. Схема соединительных линий для измерения расхода газа:
1 — сужающее устройство,
2 — запорный вентиль,
3 — продувочные вентили,
4 — дифманометр

При измерении расхода жидкости дифманометр 6 (рис. 5.22) может быть расположен выше сужающего устройства 2 и ниже его. Запорные вентили 3 устанавливаются на вертикальном участке трубопровода, а продувочные 4 — в высших точках соединительных линий, т. е. в месте перехода их горизонтального участка в вертикальный. Если в измеряемой жидкости образуются осадки, то для предохранения дифманометра от загрязнения в низших точках вертикального участка соединительных линий устанавливают отстойные сосуды 1. В высших точках соединительных линий размещают газосборники 5 для выпуска скопившихся газов.

При измерении расхода газа соединительные линии подключают к верхней половине сужающего устройства 1 (рис. 5.23), установленного на горизонтальном трубопроводе с уклоном линий в сторону трубопровода, а дифманометр 4 устанавливают выше сужающего устройства, чем достигается естественный дренаж соединительных линий.

Осуществляя монтаж дифманометров, нужно иметь в виду следующее:

расстояние от места отбора давления до дифманометра не должно превышать 50 м;

перед присоединением дифманометра соединительные линии надо продуть сжатым воздухом;

трубки должны быть приварены к ниппелям.

В процессе измерения расхода поплавковыми, колокольными и сильфонными дифманометрами необходимо учитывать, что давление, температура и влажность среды могут отличаться от принятых при расчете сужающего устройства, в комплекте с которым применяется дифманометр, поэтому возникает дополнительная погрешность. Ее следует вводить как поправку к числовому значению расхода, указанному на вторичном приборе.

Мембранные дифманометры с силовой компенсацией устанавливают в соответствии со схемами, приведенными на рис. 5.24. Передача выходного сигнала осуществляется по двухпроводной линии связи, проложенной кабелем СБВГ с сечением жилы 0,75 мм² или 1 мм²; для подключения усилителя УП-20 используется кабель КВРГ 7×1 длиной не более 3 м.

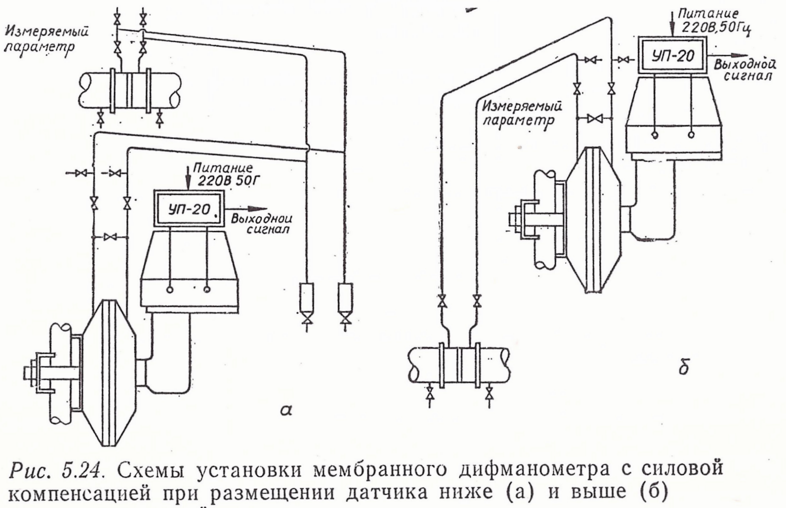


Рис. 5.24. Схемы установки мембранного дифманометра с силовой компенсацией при размещении датчика ниже (а) и выше (б) сужающего устройства

В процессе эксплуатации дифманометра необходимо раз в неделю проверять значение выходного сигнала, соответ-

ствующего нулевому значению перепада давления. Характерные неисправности мембранного дифманометра с силовой компенсацией, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 5.1, поплавкового, колокольного и сильфонного — соответственно в табл. 5.2, 5.3 и 5.4.

Таблица 5.1

Характерные неисправности мембранных дифманометров с силовой компенсацией и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При перепаде давления выходной сигнал не появляется	Обрыв в цепи питания индикатора рассогласования Обрыв или нарушение изоляции обмотки индикатора	Устранить обрывы
Выходной сигнал плохо реагирует на изменение перепада давления	Негерметичность вентилей	Устранить негерметичность
Уход нуля	Остаточная деформация упругих чувствительных элементов Изменение температуры окружающего воздуха	Откорректировать значение выходного сигнала, соответствующего нулевому значению перепада давления
Резкое сужение диапазона измерения	Закорачивание витков обратной связи	Заменить катушку

Таблица 5.2

Характерные неисправности поплавковых дифманометров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
Прибор включен, но перо (стрелка) стоит на нулевой линии диаграммы (шкалы)	Не закрыт уравнительный вентиль Не открыты запорные вентили прибора или диафрагмы	Закрыть уравнительный вентиль Открыть вентили

1	2	3
После включения прибора перо (стрелка) идет в обратную сторону	Неправильный монтаж соединительных линий Неправильное присоединение прибора	Проверить монтаж соединительных линий Проверить присоединение прибора
Работает двигатель (часовой механизм), но диаграмма не вращается	Ослаблена затяжка винта, скрепляющего ведущую шестерню двигателя с осью или диаграммодержатель с осью Плохо закреплена диаграмма на диаграммодержателе	Затянуть винт Закрепить диаграмму
Перо не пишет или же линия записи прерывиста и неравномерна по толщине	Засорение канала Слабое прилегание пера к диаграмме	Прочистить проволокой диаметром не более 0,1 мм и промыть перо спиртом Слегка подогнуть рычаг пера
Показания прибора не постоянны	В соединительных линиях имеются неплотности Пропускают вентили	Устранить неплотности Подтянуть накидные гайки сальников, при необходимости поставить сальниковую прокладку

Таблица 5.3

Характерные неисправности колокольного дифманометра и способы их устранения

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
При отсутствии перепада давления стрелка вторичного прибора не устанавливается на начальную отметку шкалы	Остаточная деформация чувствительного элемента Изменился уровень масла	Поднять или опустить колокол при помощи регулировочной гайки Установить уровень масла
При изменении перепада давления стрелка вторичного прибора не перемещается	Плохо закрыт уравнительный вентиль Засорены соединительные линии Обрыв в катушке	Закрыть уравнительный вентиль Продуть соединительные линии Заменить дифференциальный трансформатор

Таблица 5.4

Характерные неисправности сильфонных дифманометров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Сердечник дифференциального трансформатора при изменении давления не перемещается	Разгерметизирован сильфон	Заменить сильфон
Отсутствие напряжения на выходе дифференциального трансформатора	Обрыв в обмотке дифференциального трансформатора	Перемотать катушку или же заменить дифференциальный трансформатор
На выходе дифференциального трансформатора имеется напряжение при отсутствии давления	Сердечник дифференциального трансформатора не установлен в среднем положении	Подать напряжение на первичную обмотку трансформатора, подключить на выходе тестер, отрегулировать ключем сердечник до нулевого значения напряжения

Устанавливая вторичные приборы для дифманометров, необходимо помнить, что кабель, соединяющий прибор с дифманометром, должен иметь сопротивление не более 5 Ом. Характерные неисправности вторичных приборов, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Характерные неисправности вторичных приборов для дифманометров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
При включении питания прибор не работает	Неисправность выключателя прибора	Заменить выключатель
	Перегорел предохранитель (подано завышенное напряжение)	Заменить предохранитель и проверить напряжение питания

1	2	3
При нажатии кнопки «контроль» стрелка устанавливается на контрольной отметке с отклонением, превышающим допустимую погрешность	Стрелка смещена с ранее установленного положения	Повернуть подвижную систему прибора против часовой стрелки до упора, освободить стрелку, поставить ее против установочной точки и закрепить винтом
	Смещение сердечника (плунжера) индикаторной катушки прибора	Освободить резьбовой шток сердечника и переместить его до положения, при котором стрелка при нажатой кнопке «контроль» устанавливается против контрольной точки, после чего закрепить шток
Стрелка прибора уходит в одно из крайних положений или устанавливается произвольно, не реагируя на изменение положения сердечника	Неправильность подключения или обрыв линии связи между первичным и вторичным приборами	Исправить подключение или устранить обрыв линии связи
Стрелка совершает незатухающие колебания возле положения равновесия	Большое усиление	Регулятором усиления устранить колебания
Стрелка прибора при резком изменении измеряемого параметра движется медленно	Малая чувствительность усилителя	Повысить чувствительность при помощи регулятора
	Заедание в редукторе двигателя	Проверить наличие смазки в редукторе двигателя

Ротаметры следует устанавливать вертикально по отвесу согласно рис. 5.25.

Разность расстояний между корпусом прибора (стойкой) и нитью отвеса $\delta_1 - \delta_2$, измеренных в любой точке по диаметру ротаметра, не должна превышать 5 мм.

При установке ротаметра 1 рекомендуется предусмотреть обводную линию 3 с вентилем 2 (рис. 5.26), позволяющую без нарушения технологического процесса отключить ротаметр для чистки.

В случае загрязнения внутренней полости трубки или поплавка ротаметр необходимо снять и промыть чистой

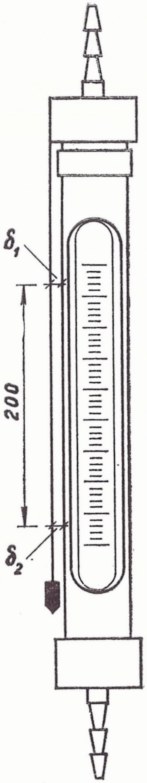


Рис. 5.25. Схема проверки вертикальности установки ротаметра в технологическую линию:
$б_1$, $б_2$ — расстояния между корпусом ротаметра и нитью отвеса

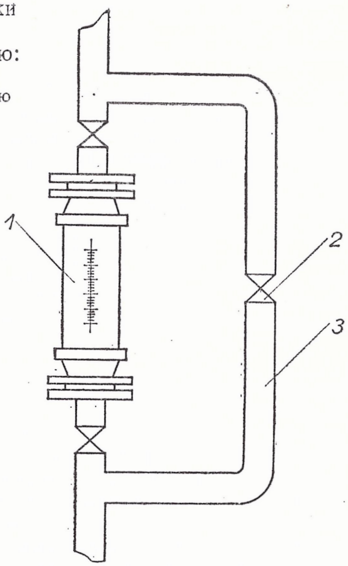


Рис. 5.26. Схема подсоединения ротаметра:
1 — ротаметр, *2* — вентиль, *3* — обводная линия

водой либо спиртом до удаления налета. Жидкость заливают в трубку до половины и взбалтывают; при этом поплавок должен быть арретирован в крайнем положении.

При монтаже индукционного расходомера следует обратить внимание на то, чтобы стрелка на его кожухе совпадала с направлением потока жидкости. Чтобы обеспечить заполнение расходомера контролируемой жидкостью при отсутствии расхода, после прибора устанавливают вентиль. Щит, на котором смонтирован измерительный усилитель индукционного расходомера, должен быть надежно заземлен медным проводом диаметром 4—5 мм. Измеряемая жидкость также заземляется в соответствии с рис. 5.27. Прокладка проводов производится в заземленных железных трубах; при небольших расстояниях допускается вместо труб применять шланги.

В процессе эксплуатации следует раз в неделю про-

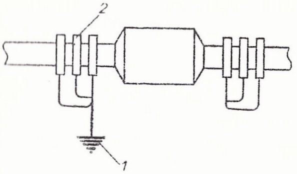


Рис. 5.27. Заземление измеряемой жидкости индукционного расходомера:

1 — хорошая «земля» (менее 1000 м), 2 — фланец заземления жидкости

верять градуировку прибора и его нулевое положение.

Если наблюдается смещение, необходимо отрегулировать коэффициент усиления или нулевое положение. Характерные неисправности индукционного расходомера, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 5.6.

Техническое обслуживание планиметра заключается в очистке его от пыли и смазке часовым маслом в месте соприкосновения оси червяка с подпятниками. Регулировку планиметра производят продольным смещением оси отсчетного барабана так, чтобы его показания не превышали допускаемой приведенной погрешности, равной $\pm 0{,}2\%$ или

Таблица 5.6

Характерные неисправности индукционного расходомера и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении прибор не работает	Перегорел предохранитель Неисправный выключатель	Заменить предохранитель Исправить или заменить выключатель
При включении расходомера стрелка прибора неподвижна	Разрыв в цепи внешних соединений	При наличии внешней нагрузки найти и устранить разрыв
При включении расходомера в положение «измерение» стрелка прибора уходит в одну или другую сторону	В расходомере отсутствует жидкость Неправильно подключена линия связи Отложение изолирующих осадков на электроде	Заполнить расходомер жидкостью Устранить неисправность линии связи Очистить электрод
Показания прибора неверны	Несимметричное отложение осадка на трубопроводе Плохая изоляция электрода Трубопровод не заполнен жидкостью	Прочистить трубопровод Отремонтировать электрод Заполнить трубопровод жидкостью

±2 малых деления на барабане. Характерные неисправности планиметра, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 5.7.

При монтаже счетчиков жидкости и газа необходимо удалить консервационную смазку из внутренней полости

Таблица 5.7

Характерные неисправности планиметра и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Разброс показаний планиметра	Ослабление крепления подпятников	Подтянуть регулировочные и фиксирующие винты
Прибор дает завышенные показания	Стирание оси отсчетного барабана	Ослабив регулировочные и фиксирующие винты, сместить ось отсчетного барабана в направлении от сектора
Прибор дает заниженные показания	То же	Ослабив регулировочные и фиксирующие винты, сместить ось отсчетного барабана в направлении к сектору. Если барабан вплотную прилегает к сектору, можно подпилить сектор, обеспечив зазор 0,1 мм

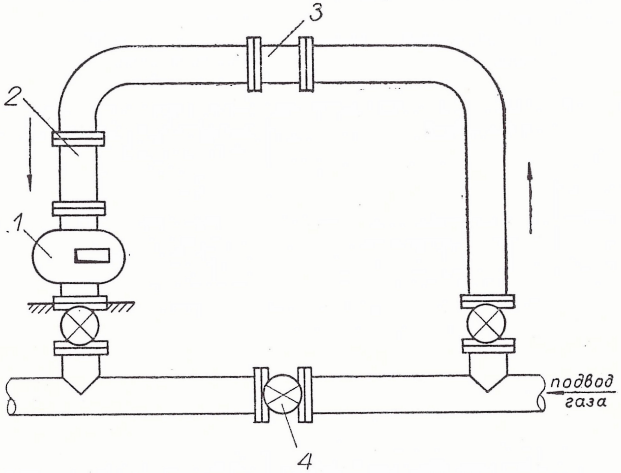


Рис. 5.28. Схема подсоединения газосчетчика в сеть:
1 — газосчетчик, *2* — съемный участок газопровода, *3* — место установки фильтра, *4* — байпасный вентиль

проливкой через нее рабочей жидкости. Счетчик жидкости устанавливают так, чтобы направление потока в трубопроводе совпадало со стрелкой на корпусе прибора. В трубопроводе перед счетчиком обязательно помещается фильтр для улавливания взвешенных твердых частиц и отделения от жидкости содержащихся в ней пузырьков воздуха или газа, которые снижают точность показаний. Характерные неисправности счетчиков жидкости, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 5.8.

На месте монтажа счетчика газа необходимо предусмотреть съемный участок газопровода. Участки трубопровода, непосредственно присоединенные к прибору, перед монтажом следует тщательно прочистить ершом или льняной тряпкой, смоченной в бензине; после чистки трубопровод надо продуть. Счетчик присоединяют к сети в соответствии со схемой, показанной на рис. 5.28, затем производят заливку масла в камеры шестерен.

Таблица 5.8

Характерные неисправности счетчиков жидкости и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Жидкость проходит через счетчик, рабочие органы функционируют (прослушивается характерный шум), но стрелки или цифровые барабаны не вращаются	Неисправность счетной головки	Снять счетную головку, повернуть ее за поводковую муфту; если стрелки или цифровые барабаны не вращаются, отремонтировать головку
	Неисправность передаточного механизма	Проверить передаточный механизм, устранить неисправности
	Неисправность магнитной муфты	Снять магнитную муфту и отремонтировать или заменить неисправную сборочную единицу
Жидкость проходит через счетчик, но рабочие органы (шестерни, лопасти) не вращаются (отсутствует характерный шум)	Расход жидкости недостаточен (ниже порога чувствительности)	Обеспечить достаточный расход жидкости
	Заклинивание рабочего органа	Разобрать счетчик, обратив внимание на наличие задиров в измерительной камере, промыть рабочие органы; отремонтировать или заменить неисправные детали

В процессе эксплуатации газосчетчики загрязняются, поэтому необходимо периодически промывать их бензином или керосином.

ГЛАВА 6

ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

6.1. ТИПЫ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Используя газ в печах, различных устройствах и установках, необходимо контролировать процесс его сжигания, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию и эффективную работу оборудования. При этом качественный и количественный состав газовой среды определяется с помощью приборов, называемых газоанализаторами. В табл. 6.1 приведены основные характеристики газоанализаторов для определения состава газа (CO, CO_2, O_2) в печах.

Таблица 6.1

Основные характеристики газоанализаторов

Тип	Пределы измерения по объему, %	Основная погрешность, %	Показатель инерционности	Тип вторичного прибора
МН5130У4	(0—50) O_2	±2	Время прогрева не более 1 часа	КСМ2-005 КСМ2-024 КСМ2-013 КСМ2-079
ТП2221МУ4	(0—40) CO_2	±2,5	20 мин.	КСМ2-024 КСМ2-005 КВМ1-503 КСУ2-015
ОА2109М	(0—20) CO	±2,3	Не более 30 с	

Действие термомагнитного газоанализатора МН5130У4 основано на различии магнитных свойств газов, т. е. различной интенсивности их намагничивания. С увеличением температуры эти свойства изменяются.

В основе действия автоматического газоанализатора ТП2221МУ4 лежит использование зависимости теплопроводности анализируемой газовой смеси от концентрации в ней CO_2, который по теплопроводности ниже других, не измеряемых компонентов смеси.

Газоанализаторы МН5130У4 и ТП2221МУ4 состоят из преобразователей изменения концентрации O_2 или CO_2 в электрическую величину и вторичного измерительного прибора.

В оптико-акустическом газоанализаторе ОА2109М, структурная схема которого показана на рис. 6.1, используется зависимость изменения оптических свойств смеси от уровня концентрации определяемого компонента.

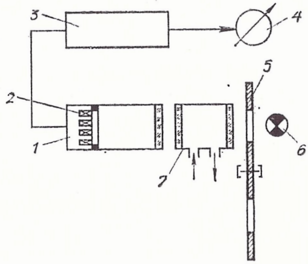


Рис. 6.1. Схема оптико-акустического газоанализатора ОА2109М:
1 — измерительная камера, 2 — микрофон, 3 — усилитель, 4 — измерительный прибор, 5 — обтюратор, 6 — источник инфракрасной радиации, 7 — рабочая камера

Рабочая камера 7, через которую проходит анализируемая газовая смесь, имеет два окна из материала, пропускающего инфракрасные лучи. Измерительная камера 1 также пропускает инфракрасные лучи и заполнена СО. Микрофон 2, установленный в измерительной камере, воспринимает колебания давления, возникающие в результате поглощения газом прерывистого потока инфракрасной радиации от источника 6. В микрофоне эти колебания преобразуются в электрический сигнал, который через усилитель 3 подается на измерительный прибор 4.

6.2. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Электромонтаж газоанализаторов МН5130У4 выполняется по схеме, приведенной на рис. 6.2,а; ТП2221МУ4 — на рис. 6.2, б; ОА2109М — на рис. 6.2, в.

При монтаже преобразователей газоанализаторов необходимо иметь в виду следующее:

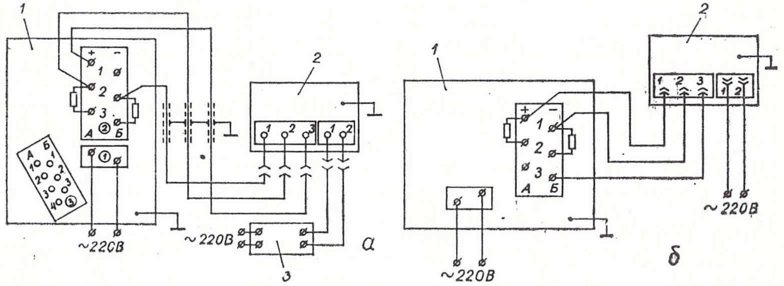
отклонение блоков от вертикали не должно превышать 2° (проверяется по уровням);

расстояние от преобразователя до измерительного прибора должно быть таким, чтобы сопротивление каждого соединительного провода не превышало 2,5±0,5 Ом;

соединение преобразователя с газовой системой надо осуществлять металлической трубой внутренним диаметром 8 мм и толщиной стенок 1 мм; к концам соединительных трубок привариваются ниппели, вставленные в шту-

церы преобразователя; до приварки ниппелей на трубки надеваются накидные гайки.

Трубопроводы газовой системы перед сборкой промывают, продувают и просушивают. После монтажа газовая система проверяется на герметичность воздухом при избыточном давлении 50 кПа (0,5 кг/см^2), при этом падение давления за 30 минут не должно превышать 0,5 кПа (0,005 кг/см^2). Если падение давления больше допустимого, места соединений обследуются с помощью мыльной пены.



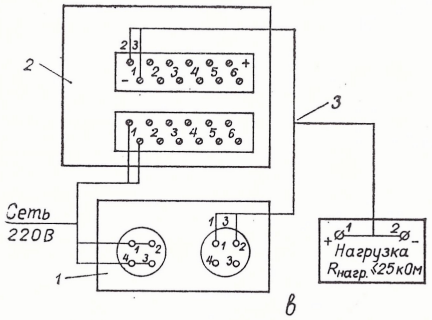


Рис. 6.2. Схема внешних соединений газоанализаторов:
а — МН5130У4 (*1* — панель внешних соединений, *2* — преобразователь, *3* — стабилизатор); *б* — ТП2221МУ4 (*1* — электронный прибор, *2* — преобразователь); *в* — ОА2109М (*1* — газоанализатор, *2* — электронный самопишущий прибор КСУ2-015, *3* — унифицированный выходной сигнал 0—5 мА)

При техническом обслуживании газоанализаторов раз в сутки контролируется расход анализируемой газовой смеси. Правильность показаний прибора типа ТП проверяется через трое суток, типа МН — через две недели, типа ОА — через пять суток. Для газоанализатора типа МН при этом обязательна также проверка чувствительности. Если чувствительность нормальна, стрелка прибора при пропускании воздуха должна установиться на контрольной красной отметке в конце шкалы. В противном случае надо ослабить гайку цангового зажима потенциометра и, вращая его ось отверткой, установить стрелку в требуемом положении.

Проверка исправности измерительного прибора газоанализатора типа ТП производится по схеме, показанной на рис. 6.3.

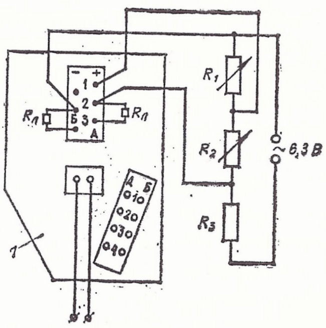


Рис. 6.3. Схема соединений для проверки исправности газоанализатора типа ТП:

1 — панель внешних соединений; *R*1, *R*2 — магазины сопротивлений; *R3* — резистор на 30кОм±10%

Для этого сопротивления магазинов *R*1 и *R*2 подбирают так, чтобы стрелка измерительного прибора установилась на начальной отметке шкалы. Сопротивление $R_л=2{,}5\pm\pm0{,}5$ Ом, а *R*3=3 кОм. На магазине *R*1 устанавливают 4—8 Ом, а на магазине *R*2 (95 — *R*3) Ом; в процессе проверки сумма сопротивлений *R*1 и *R*2 остается равной 95 Ом. Затем с помощью магазинов *R*1 и *R*2 устанавливают стрелку измерительного прибора на конечную отметку шкалы.

Определяют коэффициент К по формуле

$$К=\frac{L}{95-(R1_{нач}+R_{кон})}, \qquad (6.1)$$

где *L* — длина шкалы в мм.

Если прибор исправен, то при изменении сопротивления *R*1 и *R*2 на 1 Ом в любой точке шкалы показания прибора должны изменяться на значение 100·К±0,5% от длины шкалы.

Исправность вторичного прибора газоанализатора типа МН проверяется по схеме (рис. 6.4), выполненной в виде равновесного моста; к точкам, обозначенным на схеме, подводится напряжение 6,3±0,3 В частотой 50 Гц.

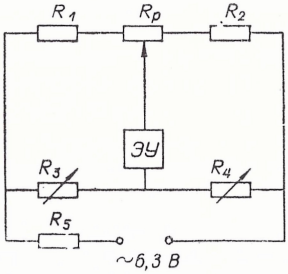


Рис. 6.4. Схема соединений для проверки газоанализатора типа МН:

*R*5 — резистор 30000±10% Ом; *R*3, *R*4 — магазины сопротивлений (R3+R4=95 Ом);
*R*1, *R*2 — подгоночные резисторы измерительной линии (2,5 Ом каждая);
Rр — реохорд прибора (90±0,1 Ом);
ЭУ — электронный усилитель прибора

Проверка состоит в изменении сопротивлений магазинов $R3$ и $R4$ через 1 Ом и регистрации показаний проверяемого прибора. На магазине $R3$ устанавливают значение 4—8 Ом, чтобы стрелка стала на начальной отметке диапазона, при этом $R4 = 95 - R3$. Затем сопротивление $R3$ постепенно увеличивают примерно до 90 Ом, а точное значение определяют конечной отметкой диапазона и одновременно уменьшают $R4$. В исправном приборе показания в любой проверяемой точке должны изменяться на 0,8—1,81% от диапазона показаний. Сведения о проверке газоанализатора записывают в таблицу (приложение 2).

Схема проверки газоанализатора типа ОА по контрольной смеси показана на рис. 6.5.

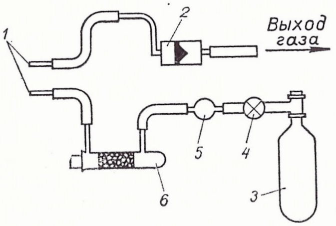


Рис. 6.5. Схема проверки газоанализатора ОА2109М:

1 — газоанализатор, *2* — ротаметр РС-3А, *3* — баллон, *4* — вентиль точной регулировки, *5* — стеклянный переходник, *6* — фильтр-осушитель

Таблица 6.2

Характерные неисправности газоанализаторов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении питания от сети не загорается лампочка преобразователя	Перегорели лампочка или предохранитель	Заменить лампочку или предохранитель
	Неисправен выключатель	Устранить неисправность выключателя или заменить его
При включении питания показания газоанализатора выходят за пределы измерения (до упора)	Нарушена синфазность питания преобразователя и измерительного прибора	Поменять местами концы, подводящие питание к преобразователю или к измерительному прибору
	Обрыв или нарушение контакта в линиях внешних соединений	Проверить исправность линий и надежность подключения проводов к клеммам
Показания измерительного прибора выходят за отметку верхнего или нижнего пределов	Неисправно присоединение преобразователя к измерительному прибору	Присоединить концы проводов, подводящих напряжение к преобразователю, поменяв их местами

Соединение элементов схемы выполняется из вакуумной резины. Вентилем 4, установленным на баллоне 3, производят регулировку расхода смеси, контролируя его с помощью ротаметра 2. Показания газоанализатора контролируют в течение 20 минут по записи на диаграммной ленте прибора.

При техническом обслуживании оптико-акустического газоанализатора наружную поверхность окон газовых камер очищают кисточкой, а внутреннюю поверхность рабочей камеры — батистовой тканью, смоченной спиртобензольной смесью. При этом необходимо следить, чтобы смесь не попала на клеевой шов камеры.

Характерные неисправности газоанализаторов, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 6.2.

ГЛАВА 7

ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Электроизмерительные приборы можно разделить на ряд типов в зависимости от физических явлений, на которых основан принцип их действия. Наиболее распространены приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и индукционной систем.

Схема прибора магнитоэлектрической системы показана на рис. 7.1.

Неподвижная часть состоит из магнита 6 и магнитопровода 4 с полюсными наконечниками 11 и 15, между которыми установлен строго центрированный стальной цилиндр 13. В зазоре между цилиндром и полюсными наконечниками, где сосредоточено равномерное радиально направленное магнитное поле, размещается рамка 12 из тонкой изолированной медной проволоки. Рамка укреплена на двух осях с кернами 10 и 14, упирающихся в подпятники 1 и 8. Противодействующие пружины 9 и 17 служат токоподводами, соединяющими обмотку рамки с электрической схемой и входными зажимами прибора. На оси 14 укреплена стрелка 3 с балансными грузиками 16 и

противодействующая пружина 17, соединенная с рычажком корректора 2.

При прохождении тока по виткам обмотки рамки возникает взаимодействие между магнитным полем тока и полем постоянного магнита, в результате чего рамка поворачивается и стрелка, перемещаясь вдоль шкалы 5, показывает значение силы постоянного тока или напряжения. Успокоение подвижной части происходит вследствие взаимодействия магнитного поля и индукционных токов, возникающих в каркасе рамки 12 при движении ее в магнитном поле.

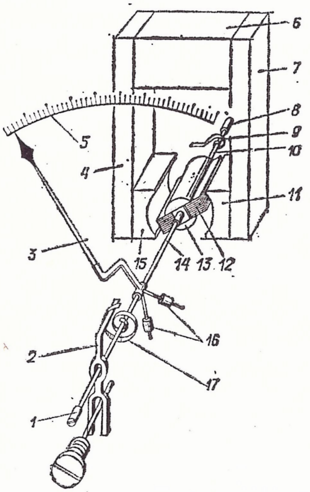


Рис. 7.1.
Схема электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы:
1, 8 — подпятники, *2* — корректор, *3* — стрелка, *4, 7* — магнитопроводы, *5* — шкала, *6* — магнит *9. 17* — противодействующие пружины, *10, 14* — оси с кернами, *11, 15* — полюсные наконечники, *12* — рамка, *13* — цилиндр, *16* — балансные грузики

Таблица 7.1.

Характерные неисправности магнитоэлектрических электроизмерительных приборов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
При включении прибора стрелка не отклоняется	Обрывы электрической цепи монтажа, добавочного сопротивления у вольтметров или шунта, компенсационного сопротивления у амперметров	Проверить цепь и все элементы схемы, при необходимости заменить элементы или устранить нарушение пайки

1	2	3
	Обрыв рамки	Заменить рамку
	Нарушение пайки концов моментных пружинок	Запаять концы моментной пружинки и подрихтовать
	Система выпала из опор	Проверить притупление кернов и при необходимости заменить их новыми
При включении прибора стрелка перемещается рывками или очень медленно	Трение подвижной части в опорах, наличие ворса или стружки в воздушном зазоре	Проверить подпятники и керны, почистить керны спиртом и прокалыванием через папиросную бумагу; очистить зазор от ворса или стружки
	Трение рамки об обойму или магнитопровод	Проверить люфт подвижной части, при необходимости отрегулировать его путем поворота подпятника
	Сбита моментная пружинка	Отпаять наружный конец моментной пружинки, подрихтовать путем изгиба пружинодержателя и запаять
Не работает корректор	Сломан пальчик буксы корректора кожуха	Заменить кожух
Односторонняя работа корректора	Стрелка сдвинулась с нуля	Установить корректор перпендикулярно мостику обоймы, с помощью отростка пружинодержателя поставить стрелку на нуль

В табл. 7.1. приведены характерные неисправности магнитоэлектрических приборов, их возможные причины и способы устранения.

В приборе электромагнитной системы (рис. 7.2) неподвижная катушка 9 помещена в экран 8; внутри катушки находится ферромагнитная пластина 11. Аналогичная пластина 12 жестко соединена с осью 13, которая упирается в подпятники 1 и 10. На оси укреплены стрелка 5, алюминиевый лепесток 4 успокоителя, расположенный под полюсами постоянных магнитов 6, а также балансные гру-

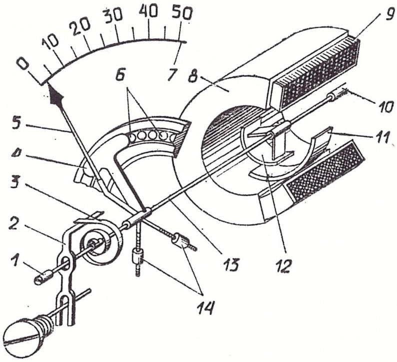


Рис. 7.2. Схема электроизмерительного прибора электромагнитной системы:

1, 10 — подпятники, *2* — корректор, *3* — противодействующая пружина, *4* — лепесток успокоителя, *5* — стрелка, *6* — постоянные магниты, *7* — шкала, *8* — экран, *9* — катушка, *11, 12* — ферромагнитные пластины, *13* — ось, *14* — балансные грузики

зики 14 и противодействующая пружина 3, один конец которой припаян к рычажку корректора 2.

При прохождении тока по катушке 9 пластины 11 и 12 намагничиваются одинаковой полярностью и, отталкиваясь, создают вращающий момент. Противодействующий момент создается пружиной 3.

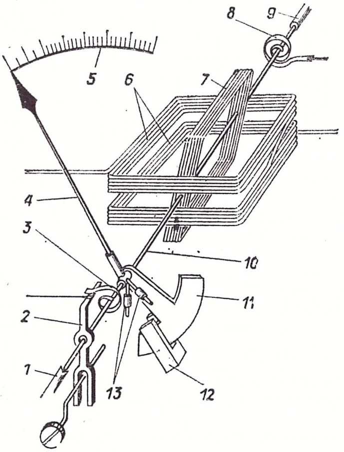


Рис. 7.3. Схема электроизмерительного прибора электродинамической системы:

1, 9 — подпятники, *2* — корректор, *3, 8* — спиральные пружины, *4* — стрелка, *5* — шкала, *6* — неподвижная катушка, *7* — подвижная катушка, *10* — ось, *11* — сектор, *12* — постоянный магнит, *13* — балансные грузики

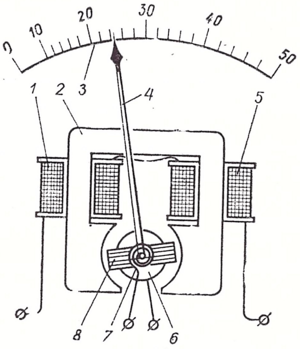


Рис. 7.4. Схема прибора ферродинамической электроизмерительной системы:

1, 5 — катушки, *2* — сердечник, *3* — шкала, *4* — стрелка, *6* — цилиндр, *7* — противодействующая пружина, *8* — рамка с обмоткой

В приборе электродинамической системы (рис. 7.3) катушка 6 неподвижна, а подвижная катушка 7 крепится на оси 10, которая упирается в подпятники 1 и 9. К этой же оси прикреплена стрелка 4, оканчивающаяся алюминиевым сектором 11, который вместе с постоянным магнитом 12 служит успокоителем. Подвижная часть прибора уравновешена балансными грузиками 13. Концы обмотки катушки 7 присоединены к спиральным пружинам 3 и 8. Корректором 2 перед измерением стрелка устанавливается на нулевую отметку шкалы 5. Приборы этой системы чаще всего применяют в ваттметрах.

Схема прибора ферродинамической системы изображена на рис. 7.4.

Катушки 1 и 5 насажены на сердечник 2, между полюсами которого расположен цилиндр 6 подобно прибору магнитоэлектрической системы. В зазоре помещена рамка 8 с обмоткой. Одна из полуосей, на которых закреплена рамка, соединена с противодействующей пружиной 7.

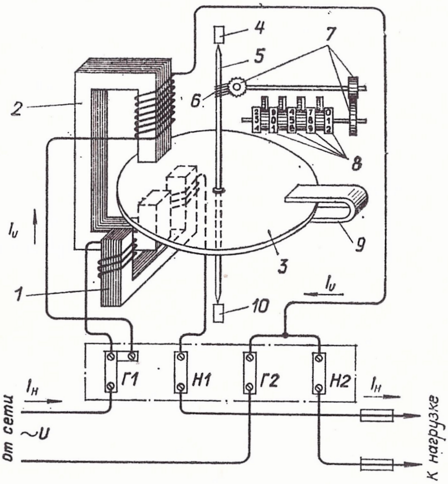


Рис. 7.5. Схема счетчика электрической энергии:

1, 2 — электромагниты, *3* — диск; *4, 10* — керны, *5* — ось, *6* — червячная передача, *7* — шестерни, *8* — обоймы счетного механизма, *9* — постоянный магнит

При прохождении тока по катушкам сердечник намагничивается и в зазоре возникает магнитное поле, с которым взаимодействует поле тока, протекающего в обмотке рамки 8.

К индукционной системе относятся счетчики электрической энергии (рис. 7.5).

Алюминиевый диск 3, закрепленный на оси 5, находится между двумя электромагнитами 1 и 2, имеющими

сердечник из трансформаторной стали, на который намотаны токовая обмотка и обмотка напряжения. Ось связана червячной передачей 6 с шестернями 7, которые вращают обоймы счетного механизма 8.

При включении прибора ток нагрузки $I_{н}$ проходит по обмотке электромагнита 1, а ток $I_{п}$, пропорциональный напряжению, подведенному к цепи,— по параллельно включенной обмотке электромагнита 2. Возникают магнитные потоки, пронизывающие диск 3, в котором индуктируются вихревые токи. В результате взаимодействия между магнитными потоками, созданными измеряемым и вихревыми токами, возникает вращающий момент. Постоянный магнит 9 создает противодействующий момент. Постоянный магнит 9 создает противодействующий момент. Вихревые токи, взаимодействуя с полем постоянного магнита, тормозят движение диска.

В практике электрических измерений, а также с целью проверки других приборов часто применяются высокоточные мосты постоянного тока для измерения электрических сопротивлений; потенциометры — для измерения ЭДС и напряжения; магазины сопротивлений — для использования в качестве меры электрического сопротивления.

ГЛАВА 8

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ

8.1. ТИПЫ ВЕСОВ

В легкой и других отраслях промышленности применяют средства измерения массы (весы) следующих типов: общепромышленные, технологические, лабораторные и специальные (для физико-механических измерений).

Среди общепромышленных, употребляемых для учета продукции и сырья, распространены товарные, автомобильные, вагонные, вагонеточные и др. Технологические служат для взвешивания продукции в ходе производства при технологически непрерывных и периодических процессах. Лабораторные применяют для определения влажности материалов и полуфабрикатов, проведения физико-химического анализа сырья и других целей. Различают технические, образцовые, аналитические и микроаналити-

ческие весы. Основные характеристики лабораторных технических весов приведены в табл. 8.1. Специальные весы используют для косвенных измерений при определении удельного веса сыпучих материалов, количества золота в золотосодержащей золе, процентного содержания каолина в песке и др.

Таблица 8.1.

Основные характеристики лабораторных весов

Характеристики	Модели весов			
	ВЛР — 1 кг	ВЛК — 500 г/10	ВЛКТ — 500 г/10	ВЛТ — 1 кг — 1
Пределы взвешивания, кг	0—1	0,005—0,5	0,005—0,5	0—1
Цена деления шкалы, мг	10	10	10	10
Допустимая погрешность измерения, мг	±10	±30	±30	±10
Вариация показаний весов, мг, не более	5	20	20	5
Время успокоения колебаний, с, не более	50	10	10	50

Все средства измерения массы, независимо от типа, должны обладать основными метрологическими свойствами — постоянством показаний, чувствительностью и точностью.

8.2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦИФЕРБЛАТНЫХ ВЕСОВ

Осмотр, проверку и текущий ремонт циферблатных весов производят раз в три месяца, средний ремонт — раз в год, капитальный — раз в четыре года.

При текущем ремонте мелкие неисправности устраняют на месте эксплуатации. Если же их невозможно устранить, составляют дефектную ведомость на средний или капитальный ремонт, выполняющийся в специализированных мастерских, которые несут ответственность за качество работы и готовят приборы для поверки и клеймения.

В процессе осмотра проверяют наличие масла в успокоителе колебаний и масляном затворе. Уровень масла

в стакане успокоителя должен быть на 8—10 мм выше поршня, находящегося в верхнем положении. Летом успокоитель заполняют смесью трансформаторного масла с автолом № 10, зимой — чистым трансформаторным маслом. Необходимо следить за правильностью установки приборов, периодически проверяя их положение по уровню.

Пыль и грязь удаляют мягкой щеткой, кистью или сухой чистой тряпкой. Протирая наружные детали, не следует пользоваться растворителями или кислотами, так как они могут повредить окраску приборов. Во время работы прибора на подушке, призме и серьге не должно быть масла, нельзя также чистить их шкуркой или песком. Если на указанных деталях появится незначительная ржавчина, ее нужно удалить, протерев это место тряпкой, смоченной в бензине, а затем чистой.

Таблица 8.2

Характерные неисправности циферблатных весов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
При взвешивании стрелка делает более 3—4 колебаний	Слабое тормозящее действие успокоителя колебаний	Отрегулировать колебания; при необходимости сменить масло в цилиндре успокоителя
Стрелка в начале шкалы колеблется слишком быстро и толчками	Недостаток масла в успокоителе колебаний	Налить масло в цилиндр успокоителя
Стрелка колеблется не плавно	Вследствие смещения тяги в месте подвески возникает дополнительное трение между поршнем и цилиндром успокоителя	Установить правильно шток успокоителя колебаний
Стрелка не реагирует на малые прибавления массы	Недостаточная чувствительность весов вследствие загрязнения шарикоподшипников оси стрелки или возникновения дополнительного трения в деталях механизма	Заменить или промыть шарикоподшипники

1	2	3
Случайные задержки циферблатного указателя	Верхний стакан масляного затвора задевает за нижний	Проверить правильность крепления стакана с тягой
При одной и той же взвешиваемой массе стрелка останавливается на разных делениях отсчетной шкалы или же не возвращается на нуль	Дополнительное трение в механизме, неправильная сборка	Проверить правильность соединения деталей и сборочных единиц механизма
Внутри корпуса циферблатного указателя на внутренней стороне стекла появляется налет	Разгерметизация корпуса циферблатного указателя	Проверить крепление крышки и стекла указателя, обеспечить его герметичность; проверить состояние масла в масляном затворе указателя

В табл. 8.2 приведены характерные неисправности циферблатных весов, их возможные причины и способы устранения.

ГЛАВА 9

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Исполнительное устройство, служащее для изменения регулирующего воздействия на объект управления, состоит из двух основных функциональных блоков — исполнительного механизма и регулирующего органа.

Исполнительные устройства обладают различным классом точности: 1,5; 2,5; 4 и 6. В зависимости от устойчивости к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха они делятся на первую (от —50°С до +50°С) и вторую (от —30°С до +50°С) группы.

Исполнительным механизмом называется приводная часть исполнительного устройства, которая преобразует получаемую энергию в перестановочное усилие и управляет регулирующим органом по команде от регулятора или устройства дистанционного управления.

По виду движения выходного элемента исполнительные механизмы могут быть прямоходными (элемент перемещается поступательно), однооборотными (перемещается по дуге в пределах 360°) и многооборотными (элемент вращается). По характеру применяемой энергии различают электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные (электрогидравлические и т. п.) механизмы. Их модификации отличаются также по ряду технических показателей. Например, по виду защищенности корпуса — обычные, пыле- и брызгозащищенные, взрывобезопасные.

Регулирующий орган является звеном исполнительного устройства, с помощью которого под воздействием исполнительного механизма осуществляется управление движением жидкой или газовой среды.

9.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

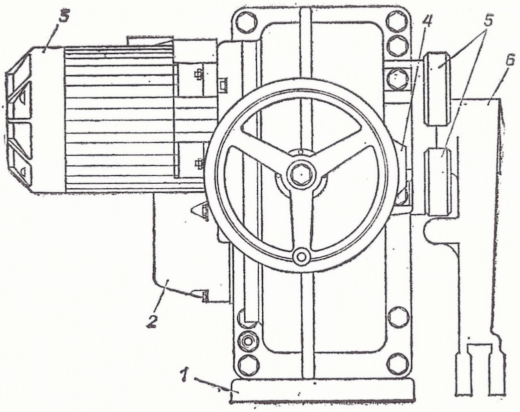
Главными параметрами, по которым классифицируются электрические исполнительные механизмы, следует считать крутящий момент и усилие на штоке. По первому параметру для них принят следующий нормальный ряд: 0,25; 0,63; 1,6; 4; 10; 25; 63; 160; 400 и 1000 кгм. Для прямоходных исполнительных механизмов усилия на штоке определяются следующим рядом: 6,3; 16; 40; 100; 250; 630; 1600 кгм.

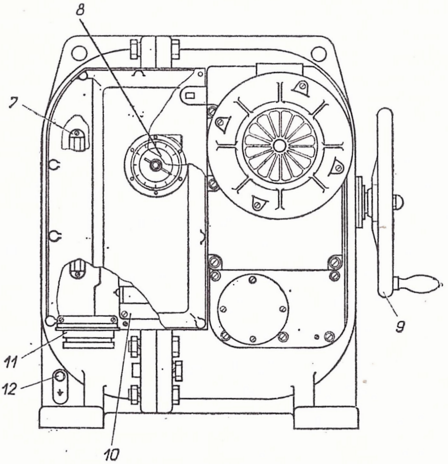
Однооборотные исполнительные механизмы предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования и дистанционного управления в соответствии с сигналами управляющих устройств. Управление механизмами типа МЭО осуществляется либо с помощью магнитных усилителей (бесконтактное), либо с помощью реверсивных контактных пусковых устройств (контактное).

Однооборотный исполнительный механизм (рис. 9.1) состоит из следующих основных частей: электропривода 3, редуктора 1, ручного привода 9, тормоза 4, блока датчиков 8, блока конденсаторов 10, узла упоров 5, штуцерного

Рис. 9.1.
Электрический исполнительный однооборотный механизм типа МЭО:

1 — редуктор,
2 — крышка,
3 — электропривод,
4 — тормоз,
5 — узел упоров,
6 — рычаг,
7 — клеммная колодка,
8 — блок датчиков,
9 — ручной привод,
10 — блок конденсаторов,
11 — штуцерный ввод,
12 — болт заземления





ввода 11. Зубчатую передачу редуктора составляют прямозубые цилиндрические ступени и одна планетарная передача для осуществления ручного управления. Наружное центральное колесо планетарной передачи находится в зацеплении с червячным валом, на конце которого насажен маховик ручного управления. Редуктор смазывается консистентной смазкой ЦИАТИМ-201.

Для ограничения выбега выходного вала исполнительного механизма и предотвращения передвижения его от усилия регулирующего органа при отсутствии напряжения на электродвигателе в механизме предусмотрен тормоз.

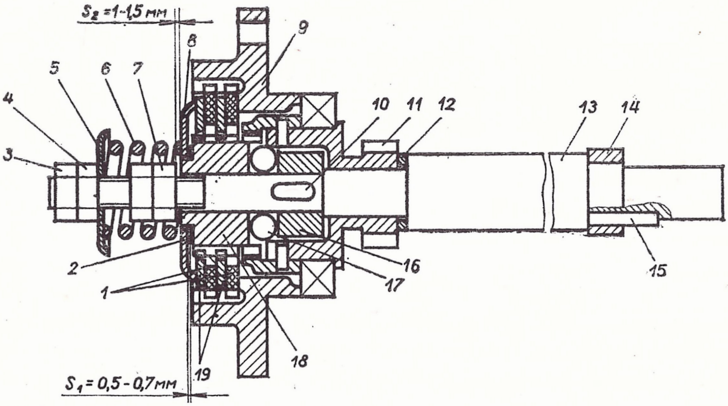


Рис. 9.2. Конструкция тормоза электрического исполнительного механизма типа МЭО:

1, 19 — диски; *2* — регулировочное кольцо; *3, 4, 7* — гайки; *5, 8, 12, 14* — кольца, *6* — пружина, *9* — корпус; *10, 15* — шпонки, *11* — шестерня, *13* — вал, *16, 18* — полумуфты, *17* — шарик

Он выполнен в виде отдельной сборочной единицы и является составной частью редуктора (рис. 9.2).

Тормозные диски 19 установлены на полумуфте 18 и поджимаются пружиной 6 к дискам 1. На ведущем валу 13, соединенном с валом электродвигателя зубчатой передачей, установлена полумуфта 16. При вращении ведущего вала 13 от электродвигателя за счет движения шариков по скосам полумуфт происходит отжим полумуфты 18, пружина сжимается, тормозной момент, создаваемый усилием пружины, снимается с дисков 19 и механизм растормаживается. Передача вращения от полумуфты 18 шестерне 11 осуществляется через шарики. Когда напряжение на электродвигателе исчезает, пружина возвращает полумуфту 18 и шарики в исходное положение, сжимает пакет тормозных дисков и механизм затормаживается.

Блок датчиков, предназначенный для преобразования перемещения выходного органа исполнительного механизма в пропорциональный унифицированный сигнал 0—5 мА, состоит из магнитного блока датчиков БДМ, установленного в исполнительном механизме, и блока усилителя БУ-2, который устанавливается в любом другом месте.

Магнитный блок датчиков, кинематическая схема которого показана на рис. 9.3, представляет собой конструкцию, состоящую из магнитного датчика 1, передаточного

механизма, преобразующего вращательное движение профильного кулачка 5 через рычаг 6 в линейное перемещение магнита датчика 1 и узла микровыключателей 7, срабатывание которых происходит с помощью независимых рычага 4 и кулачка 9, насаженных на вал 8. Регулировка хода толкателей 3, от которого зависит срабатывание микровыключателей, осуществляется регулировочными винтами 2.

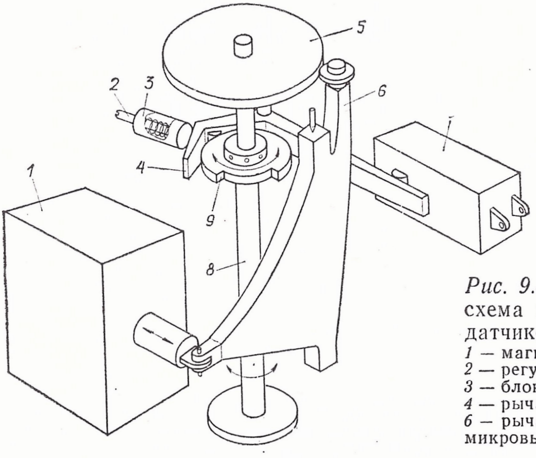


Рис. 9.3. Кинематическая схема магнитного блока датчиков БДМ:
1 — магнитный датчик, *2* — регулировочный винт, *3* — блок толкателей, *4* — рычаг, *5*, *9* — кулачки, *6* — рычаг, *7* — узел микровыключателей, *8* — вал

Блок конденсаторов предназначен для обеспечения сдвига фаз в одной из обмоток электродвигателей. Конденсаторы с помощью хомутов закреплены на пластине и крепятся к механизмам винтами через электроизоляционные втулки.

Штуцерный ввод служит для защищенного от пыли и брызг подсоединения проводов или кабеля внешних электрических цепей.

Многооборотные электрические исполнительные механизмы типа МЭМ вращательного действия с постоянной скоростью предназначены для привода запорной или регулирующей арматуры с большой площадью проходного сечения в системах дистанционного управления и автоматического регулирования. Управление механизмами контактное (с магнитным пускателем МКР-0-58) и бесконтактное (с усилителем УМД-Б).

Основные характеристики многооборотных электрических исполнительных механизмов различных модификаций приведены в табл. 9.1.

Основные характеристики многооборотных электрических исполнительных механизмов

Характеристика	Модификация механизмов						
	МЭМ-4/1	МЭМ-4/2,5	МЭМ-4/6,3	МЭМ-10/1	МЭМ-10/2,5	МЭМ-10/6,3	МЭМ-10/1-256
Номинальный момент, кгм	4			10			
Время одного оборота, с	1	2,5	6,3	1	2,5	6,3	
Габаритные размеры, мм *L*	360			320			245
B	215			205			250
H	550	480		440		480	675
Масса, кг	45	31		28	27	31	38

Примечание. Полный ход выходного вала для МЭМ-10/1-256 составляет 256 оборотов, для остальных — 10, 25, 63, 160; 2. Температура окружающего воздуха для МЭМ-10/1-256 от —50 до +50°С, для остальных — от —30 до +60°С; 3. Относительная влажность для МЭМ-10/1-256 до 98%, для остальных — до 80%.

На рис. 9.4 показана кинематическая схема механизма типа МЭМ. Он состоит из сменного привода 1, планетарного редуктора 2, ручного механического управления 3, выключателя для отключения питания электродвигателя, концевых выключателей КВ, ограничивающих конечные и промежуточные положения выходного органа, а также выключателей КВМ для отключения питания привода механизма при возникновении перегрузок на выходном органе, датчике дистанционного указателя положения выходного органа РДДП, датчике обратной связи по положению РОСП и узле питания дистанционного указателя положения.

Вращение от электродвигателя через шестерню Z_1 передается шестерне Z_2, которая вилкой расклинивает ролики обгонной муфты 6 и передает вращение вал-шестерне Z_3. Последняя через сателлиты Z_4 и неподвижное зубчатое колесо Z_5 передает вращение водилу и шестерне Z_6, вращающей колесо Z_7 и выходной вал. Зубчатое колесо Z_5 удерживается от поворота через цепь (венец Z_9, шестерня

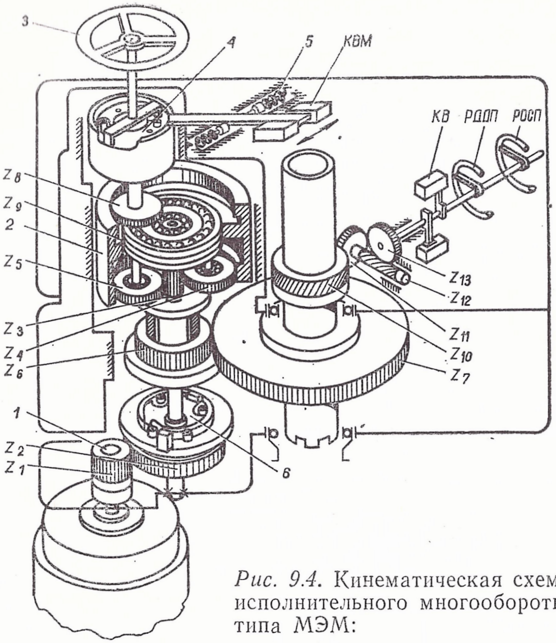


Рис. 9.4. Кинематическая схема электрического исполнительного многооборотного механизма типа МЭМ:

1 — сменный привод, *2* — планетарный редуктор, *3* — ручное механическое управление, *4, 6* — обгонные муфты, *5* — пружина; Z_1, Z_2, Z_6, Z_8 — шестерни, Z_3 — вал-шестерня, Z_4 — сателлит, Z_5 — неподвижное зубчатое колесо, Z_7 — колесо, Z_9 — венец; Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{14} — пары винтовых шестерен; КВ, КВМ — выключатели; РДДП, РОСП — датчики

Z_8, обгонная муфта 4, пружина 5). Пружины 5 предварительно поднимаются на величину усадки, имеющей место при наличии на выходном валу номинального момента. При увеличении последнего сверх нормального значения колесо Z_5, венец Z_9, шестерня Z_8 и обгонная муфта 4 проворачиваются, сжимая при этом одну из пружин 5. Проворачивание указанных звеньев вызывает перемещение рычага, связанного с муфтой обгона, который нажимает на один из микровыключателей КВМ1 или КВМ2 в зависимости от направления вращения выходного вала, что приводит к отключению питания электродвигателя, и механизм останавливается.

Чтобы предотвратить самоотключение, т.е. исключить поворот обгонной муфты 4, шестерни Z_8, венца Z_9 с колесом Z_5, сателлитов Z_4 и вал-шестерни Z_3 под воздействием сжатой пружины, установлена муфта 6, позволяющая передавать вращение от колеса Z_2 к вал-шестерне Z_3

и не допускающая вращения при наличии активного момента со стороны сателлитов Z_4.

При вращении маховика 3 связанная с ним вилка, расклинивая ролики обгонной муфты 4, передает вращение шестерне Z_8, венцу Z_9, колесу Z_5, которое через сателлиты Z_4 и при неподвижной вал-шестерне Z_3 передает вращение водилу, шестерне Z_6, колесу Z_7 и выходному валу. Привод к реохорду осуществляется от выходного вала через две пары винтовых шестерен Z_{10}, Z_{11}, Z_{12} и Z_{13}.

Основные характеристики прямоходных электрических исполнительных механизмов приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Основные характеристики прямоходных электрических исполнительных механизмов

Характеристика	Типы механизмов				
	МЭП-630	МЭП-250	МЭП-100	ДР-М	ПР-М
Номинальное усилие на штоке или крутящий момент на валу	630 кг	250 кг	100 кг	100 кг·см	100 кг·см
Время полного хода штока, с	100	40	100	10, 30, 60, 90, 120	10, 30, 60, 90, 120
Полный ход штока, мм	63	25	25	19±1	20±1
Потребляемая мощность, Вт	120	31	31	50	60

Исполнительный механизм типа ПР (рис. 9.5) состоит из электродвигателя, редуктора и предельного выключателя, смонтированного в общем корпусе 27.

Статор 10 электродвигателя специальными винтами 4 соединен с корпусом механизма. Корпус статора закрыт крышкой 11. Ось ротора 9 опирается на два скользящих подшипника 8, залитых баббитом. Передний подшипник запрессован в перегородку корпуса механизма, задний — в крышку корпуса статора. Для уменьшения времени выбега вала ротора после выключения двигателя на задней

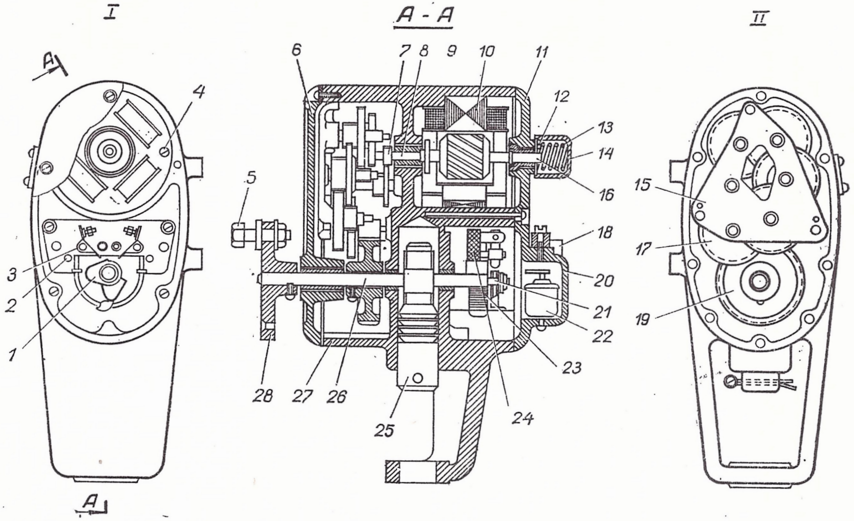


Рис. 9.5. Конструкция прямоходного электрического исполнительного механизма типа ПР:

I, II — вид со снятой крышкой, *1* — скользящий контакт, *2* — винт, *3* — контакт, *4* — специальный винт, *5* — палец, *6* — передняя крышка, *7* — трибка, *8* — подшипник, *9* — ротор, *10* — статор, *11* — задняя крышка, *12* — подпятник, *13* — пружина, *14* — колпачок, *15* — платик, *16* — шарик, *17* — зубчатое колесо, *18* — втулка, *19* — шестерня главного валика, *20* — крышка выключателя, *21* — гайка, *22* — конденсатор, *23* — реостат, *24* — панель, *25* — шток, *26* — главный валик, *27* — корпус, *28* — диск

крышке установлены шарик 16 и подпятник 12 с пружиной 13, закрываемые колпачком 14, На передний конец вала ротора консольно посажена трибка 7, соединяющая электродвигатель с редуктором. От статорных обмоток выведены два провода с включенной между ними емкостью к концевым выключателям предельного выключателя и далее в сеть, а один — непосредственно в сеть питания. Провода проходят через специальную втулку 18, позволяющую при необходимости произвести экранировку.

Предельный выключатель представляет собой панель 24 с армированными контактами, прикрепленную двумя винтами к корпусу исполнительного механизма. Предельный выключатель закрывается крышкой 20. Кулачки скользящего контакта жестко закрепляются на главном валике 26 редуктора исполнительного механизма гайкой 21. Скользящий контакт 1 своим пружинящим концом скользит по реостату балансирующего потенциометра 23, прикрепленного к панели 24 винтами 2. Потенциометр состоит из каркаса с намотанным на нем изолированным константановым проводом марки ПЭК-0,2. При повороте главного валика редуктора кулачки скользящего контакта в крайнем правом или левом положении размыкают контакты 3 предельного выключения, и цепь электродвигателя прерывается. Продолжительность цикла от левого до правого размыкания контактов предельного выключателя, а следовательно, и время работы электродвигателя, регулируется кулачками скользящего контакта 1 от 0° до 180° поворота главного валика редуктора исполнительного механизма; для этого надо ослабить гайку 21 и раздвинуть кулачки скользящего контакта.

Редуктор состоит из шести пар цилиндрических зубчатых колес 17 и одной зубчатой шестерни 19 главного валика 26. Каждая пара зубчатых колес представляет собой сборку трибки с зубчатым колесом. Трибки выполнены стальными, зубчатые колеса — из алюминиевого сплава. Опорами спаренных колес служат бронзовые скользящие подшипники. Задние подшипники запрессованы в перегородку корпуса, передние — заармированы в съемный платик 15. Зубчатое колесо главного валика закреплено на валике воронкой и стопорным винтом. Редуктор закрывается крышкой 6. На переднем конце главного валика установлен диск 28 с пальцем 5, служащий для передачи углового движения на регулирующий орган. В редукторе используется консистентная смазка.

В передней части корпуса снизу смонтирован шток 25,

верхняя часть которого выполнена в виде рейки. Рейка зацепляется с зубчатым колесом главного валика, и при вращении его шток получает поступательное движение.

9.3. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

В пневматических исполнительных механизмах перестановочное усилие создается за счет воздействия сжатым воздухом на мембрану, сильфон или поршень. Соответственно различают механизмы мембранные, поршневые и сильфонные. Они предназначены для установки и перемещения затвора регулирующего органа в соответствии с пневматическим командным сигналом. Полный рабочий ход выходного элемента механизмов осуществляется при изменении командного сигнала от 0,02 МПа (0,2 кг/см^2) до 0,1 МПа (1 кг/см^2). Предельное давление сжатого воздуха в рабочей полости — 0,25 МПа (2,5 кг/см^2).

У мембранных прямоходных механизмов шток совершает возвратно-поступательное движение. В зависимости от направления движения выходного элемента они подразделяются на механизмы прямого действия (при повышении давления мембраны) и обратного действия.

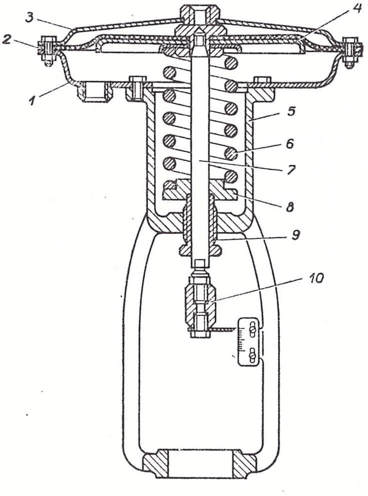


Рис. 9.6. Конструкция мембранного исполнительного механизма прямого действия:
1, 3 — крышки, *2* — мембрана, *4* — опорный диск, *5* — кронштейн, *6* — пружина, *7* — шток, *8* — опорное кольцо, *9* — регулировочная гайка, *10* — соединительная гайка

Основными конструктивными элементами мембранного исполнительного механизма являются мембранная пневматическая камера с кронштейном и подвижная часть.

Мембранная пневматическая камера механизма прямого действия (рис. 9.6) состоит из крышек 3 и 1 и мембраны 2. Крышка 3 и мембрана 2 образуют герметическую рабочую полость, крышка 1 прикреплена к кронштейну 5.

К подвижной части относятся опорный диск 4,

к которому прикреплена мембрана 2, шток 7 с соединительной гайкой 10 и пружина 6. Пружина одним концом упирается в опорный диск 4, а другим через опорное кольцо 8 в регулировочную гайку 9, служащую для изменения начального натяжения пружины и направления движения штока. Гайка 10 соединяет шток механизма со штоком регулирующего органа.

Поршневые исполнительные механизмы в отличие от мембранных и сильфонных имеют большее перемещение рабочего органа и развивают большее усилие.

В состав гидравлического исполнительного механизма типа ГИМ входят гидравлический сервомотор и блок управления, включающий электрогидравлическое реле. На рис. 9.7 показана схема управления сервомотором с помощью электрогидравлического реле.

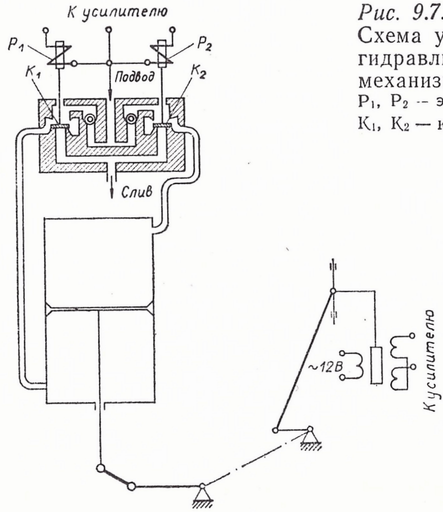


Рис. 9.7.
Схема управления гидравлического исполнительного механизма типа ГИМ:
P_1, P_2 — электромагниты,
K_1, K_2 — клапаны

Когда катушки электромагнитов P_1 и P_2 обесточены, клапаны K_1 и K_2 находятся в нижнем положении, закрывая слив; при этом в обе полости цилиндра сервомотора подается вода из магистрали под рабочим давлением, устанавливаемым при помощи редукционного клапана. Если регулируемая величина отклоняется от заданного значения, на одной из обмоток появляется напряжение. При достижении определенного значения напряжения сердечник электромагнита и связанный с ним клапан скачком перемещаются из нижнего положения в верхнее, в резуль-

тате чего прекращается поступление воды из магистрали и открывается слив из соответствующей полости сервомотора. Поршень сервомотора перемещает регулирующий орган до тех пор, пока напряжение на обмотке электромагнита не уменьшится; в результате клапан также скачком переходит в нижнее положение; слив воды прекращается, и сервомотор останавливается.

9.4 РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

В качестве регулирующего органа чаще всего используются распределительный вентиль и электромагнитный клапан.

Принцип действия распределительного вентиля типа ВР-5 с пневматическим приводом показан на рис. 9.8.

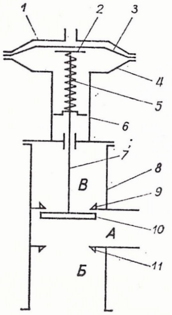


Рис. 9.8. Схема распределительного вентиля ВР-5 с пневматическим приводом:

1 — верхняя крышка, *2* — грибок, *3* — мембрана, *4* — нижняя крышка, *5* — пружина, *6* — кожух, *7* — шток, *8* — корпус, *9* — верхнее седло, *10* — клапан, *11* — нижнее седло; *А, Б, В* — полости

Основные конструктивные части вентиля — пневматический мембранный привод и распределительное устройство. Привод состоит из верхней 1 и нижней 4 крышек, между которыми зажата мембрана 3, грибка 2, пружины 5 и кожуха 6. Распределительное устройство составляют корпус вентиля 8, верхнее 9 и нижнее 11 седла, между которыми находится клапан 10 со штоком 7.

Вентиль поочередно направляет поток жидкости из полости А в полость Б или В. Когда давление рабочей среды на головке привода отсутствует, клапан 10 под воздействием пружины 5 плотно прижат к верхнему седлу 9 и жидкость из полости А поступает в полость Б. Подаваемая на головку привода рабочая среда, достигая определенного давления, преодолевает сопротивление пружины 5, перемещает клапан 10 вниз и плотно прижимает его к нижнему седлу 11. В этом случае жидкость из полости А поступает в полость В.

На рис. 9.9, а представлена конструкция электромагнитного клапана типа КЭ-2ХЛ4, применяемого в целях за-

щиты, блокировки, переключения, а также для управления пневматическими механизмами.

В стальном корпусе 20 с полюсными башмаками 19 и 18 помещена катушка электромагнита 17. Внутри катушки движется якорь 16, в который ввинчен шток 7 из немагнитного материала. Якорь и шток снабжены резиновыми пробками 10 и 6, закрывающими соответственно сопла 11 или 5, которые ввинчены в штуцеры № 2 (14) и № 3 (2) и закреплены в сальниковых уплотнениях, состоящих из резиновых прокладок 12 и 4 и уплотняющих винтов 13 и 3. Штуцер 9 служит для ввода кабеля, а питание подводится к клеммам 8.

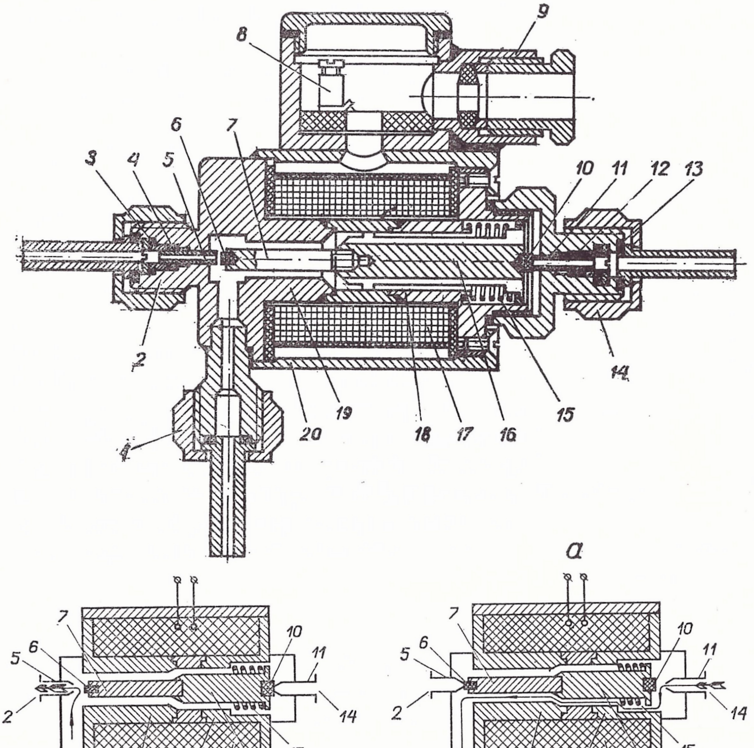


Рис. 9.9. Электромагнитный клапан типа КЭ-2ХЛ4:

а — конструкция (*1* — штуцер № 1, *2* — штуцер № 3; *3, 13* — уплотняющие винты; *4, 12* — прокладки; *5, 11* — сопла; *6, 10* — пробки, *7* — шток, *8* — клемма, *9* — штуцер, *14* — штуцер № 2, *15* — пружина, *16* — якорь, *17* — катушка; *18, 19* — полюсные башмаки, *20* — корпус), *б* — обесточенное положение, *в* — под током

Когда ток отсутствует (рис. 9.9, б), якорь 16 под воздействием пружины 15 закрывает сопло 11 и открывает сопло 5, сообщая штуцер № 3 (2) с воздушной линией, подведенной к штуцеру № 1 (1). При включении тока (рис. 9.9, в) якорь 16, преодолевая сопротивление пружины 15, перемещается, открывает сопло 11 и закрывает сопло 5, соединяя по внутренним каналам клапана воздушные линии, сообщающиеся со штуцерами № 1 (1) и № 2 (14).

9.5. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

При монтаже электрических исполнительных механизмов корпус их необходимо заземлять проводом сечением не менее 4 мм^2 через винт заземления. Место присоединения заземляющего проводника тщательно зачищают, а после присоединения наносят на него слой консистентной смазки ЦИАТИМ-201 для предохранения от коррозии. По окончании монтажа с помощью мегометра проверяют значение сопротивления изоляции, которое должно быть не менее 20 МОм, и заземляющего устройства, которое не должно превышать 10 Ом.

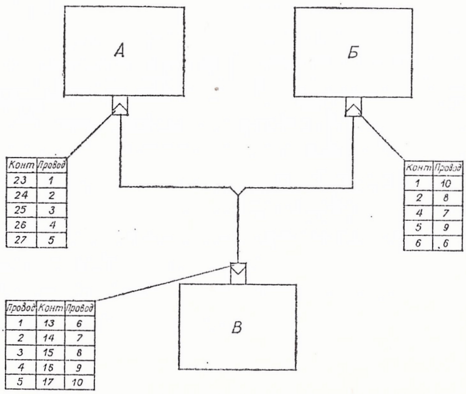


Рис. 9.10. Схема электрических соединений блока датчиков однооборотного электрического механизма

А — блок усилителя БУ-2, Б — блок магнитного датчика, В — электрический исполнительный механизм

Монтаж блока датчиков однооборотных электрических исполнительных механизмов производится по схеме электрических соединений, показанной на рис. 9.10, проводом сечением не менее 0,75 мм^2. Перед установкой датчика необходимо проверить его работоспособность по схеме, изображенной на рис. 9.11.

Монтаж пневматических исполнительных механизмов осуществляют медными трубками ∅ 8 мм и толщиной стенок 1 мм.

Гидравлические исполнительные механизмы следует монтировать на горизонтальной плоскости. Питание их водой осуществляют через редукционные клапаны (один на каждые 3—4 сервомотора). Вода к клапану подводится трубами 3/4″ от источника давлением 0,25—0,4 МПа (2,5—4 кг/см²). На линии за редукционным клапаном устанавливают манометр для контроля давления воды. С целью поддержания давления в заданных пределах можно использовать редукционный клапан или напорный блок, расположенный на высоте 10—15 м от уровня установки исполнительного механизма.

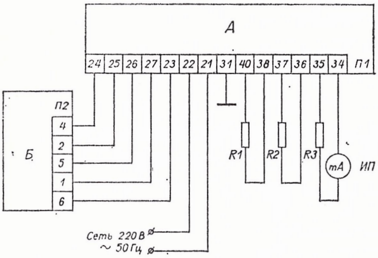


Рис. 9.11. Схема проверки магнитного датчика:

А — блок усилителя БУ-2, Б — блок магнитного датчика БДМ-2; П1, П2 — колодки; *R*1, *R*2 — резисторы 240 Ом, *R*3 — резистор 2 кОм, ИП — милливольтамперметр

Регулирующий орган сочленяется с гидравлическим исполнительным механизмом при помощи штанги. Необходимо предусмотреть использование полного хода поршня сервомотора исполнительного механизма при полном ходе регулирующего органа, который должен быть уравновешен и легко перемещаться.

Техническое обслуживание электрических исполнительных механизмов заключается в систематическом внешнем и профилактическом осмотре, ревизии и ремонте. Профилактические осмотр и ремонт осуществляются ежегодно. Раз в два года проводят средний ремонт механизма в мастерской, заменяя вышедшие из строя детали и удаляя старую смазку в редукторе. После разборки механизма все детали промывают, высушивают и наносят на них тонкий слой смазки, трущиеся поверхности подвижных частей обильно смазывают ЦИАТИМ-201.

Блок датчиков электрических исполнительных механизмов подвергают профилактическому осмотру через каждые шесть месяцев работы. Во время осмотра смазывают тру-

щиеся части, производят подрегулировку. Через два года проверяют износ рабочей поверхности профильного кулачка, кулачков микровыключателей и функционирование самих микровыключателей, а также рабочее состояние магнитного датчика (износ деталей, их затирание).

В табл. 9.3 приведены характерные неисправности электрических исполнительных механизмов, их возможные

Таблица 9.3

Характерные неисправности электрических исполнительных механизмов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении механизм не работает	Нарушена электрическая цепь	Прозвонить цепь и устранить неисправность
	Нарушена обмотка катушки тормоза или электродвигателя	Заменить катушку тормоза или электродвигателя
	Велик или отсутствует зазор в электромагните при обесточенной катушке	Установить необходимый зазор
	Соскочил короткозамкнутый виток на якоре электромагнита	Установить короткозамкнутый виток и зачеканить
Увеличенный выбег выходного вала механизма	Нарушение настройки тормоза	Отрегулировать затяжку тормозной пружины
	Попала смазка на тормозной шкив	Удалить смазку со шкива и тормозной колодки
	Поломана тормозная пружина	Заменить пружину
Не срабатывает микровыключатель	Вышел из строя микровыключатель	Заменить микровыключатель
	Поломана нажимная пружина	Заменить пружину
	Износился профиль кулачка	Заменить кулачок
	Кулачок проворачивается	Зажать кулачок гайкой
Не работает индукционный преобразователь	Профильный кулачок сошел с нажимного ролика рычага	С помощью шайб установить кулачок против ролика
	Износились стопорные втулки валика блока датчиков	Заменить блок датчиков
	Вывернулся болт сердечника	Отрегулировать положение болта
	Заедание сердечника	Освободить сердечник

причины и способы устранения, а в табл. 9.4 — магнитного блока датчиков.

Таблица 9.4

Характерные неисправности магнитного блока датчиков электрических исполнительных механизмов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При работе прибора выходной сигнал не изменяется	Нарушена электрическая цепь соединений БДМ и БУ	Проверить цепь, устранить неисправность
При работе прибора выходной сигнал отсутствует	Разрыв цепи нагрузки	Проверить цепь, устранить неисправность
Не срабатывают микровыключатели	Сбилась настройка толкателя	Произвести настройку винтов 9 в блоке толкателей (рис. 9.3)
	Вышел из строя микровыключатель	Заменить микровыключатель

В процессе технического обслуживания электрического исполнительного механизма типа ПР необходимо через имеющиеся в корпусе шариковые масленки еженедельно производить смазку веретенным маслом марки 2 (по 3—4 капли). Для смазки редуктора надо снять диск 28 (рис. 9.5), крышку 6 и, не снимая платика 15, удалить отработанную смазку, затем нанести свежую.

При техническом обслуживании пневматических исполнительных механизмов раз в неделю производят их наружный осмотр, проверяя герметичность рабочей полости и импульсных трубок, отсутствие заеданий подвижной части, наличие смазки в подшипниках и на трущихся поверхностях. Механизм смазывают ЦИАТИМ-201 ежемесячно. Раз в полгода проводится планово-предупредительный ремонт.

Техническое обслуживание гидравлических исполнительных механизмов состоит в их периодическом наружном и внутреннем осмотре, в выполнении профилактических мероприятий и устранении неисправностей.

Еженедельно следует обдувать внутреннюю полость блока управления и обратной связи чистым, не содержащим масла, воздухом под давлением не более 0,01 МПа

(0,1 кг/см²), а также проверять работу редукционного клапана и осматривать линии подвода воды. Каждый месяц необходимо поджимать контакты электрических соединений, проверять места пайки для предупреждения обрывов, а также промывать редукционный клапан.

Воздух к электромагнитным клапанам рекомендуется подводить медной или латунной трубкой диаметром 6 мм и толщиной стенок 1 мм. Ее припаивают и крепят к клапану накидной гайкой. После монтажа воздушную линию испытывают на герметичность давлением воздуха 0,3 МПа (3 кг/см²). Раз в неделю проверяют работоспособность клапана, переключая его несколько раз подряд из одного положения в другое. Ежегодно следует проводить ревизию клапана, обращая внимание на чистоту поверхности якоря и внутренней полости электромагнита. При этом проверяют отверстия сопел, прочищают их и промывают спиртом. Внутреннюю поверхность электромагнита и якорь также промывают спиртом, затем смазывают тонким слоем костного масла.

Характерные неисправности распределительного вентиля, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 9.5, а электромагнитного клапана — в табл. 9.6.

Таблица 9.5

Характерные неисправности распределительного вентиля с пневматическим приводом и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Клапан перемещается вниз	Нарушена герметичность пневматической линии, подводящей рабочую среду к головке привода; прорыв мембраны	Отремонтировать или заменить пневматическую линию; заменить мембрану
Клапан не перемещается вверх	Поломка пружины привода	Заменить пружину привода
Неплотное прилегание клапана к седлам, из-за чего жидкость перетекает из одной полости в другую	Неправильная регулировка длины штока; износ уплотняющих поверхностей седел и клапана	Отрегулировать длину штока; отремонтировать или заменить уплотняющие поверхности

Таблица 9.6

Характерные неисправности электромагнитного клапана и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении тока клапан не срабатывает	Обрыв в цепи электромагнита; заедание якоря	Прозвонить электрическую цепь и устранить обрыв Разобрать клапан, прочистить трущиеся части и смазать тонким слоем
	Залипание якоря вследствие неправильной регулировки клапана	Отрегулировать ход якоря

ГЛАВА 10

НЕСТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ПРИБОРЫ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

10.1. УЗКООТРАСЛЕВЫЕ ПРИБОРЫ ТРИКОТАЖНОЙ ПОДОТРАСЛИ И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Для определения растяжимости чулочно-носочных изделий применяется прибор, схема которого показана на рис. 10.1.

В основе конструкции прибора лежит принцип весов с автоматическим уравновешиванием коромысла упругими силами испытываемого изделия, действующими с постоянной скоростью.

Весовое коромысло представляет собой равноплечий круглый стальной стержень 6, имеющий ось вращения 7. На его правый конец крепятся с помощью байонетного замка лапки или раздвижная форма следа 9, на которые одевается изделие. На левом плече шарнирно укреплена подвеска для грузов 4, а его конец заканчивается стрелкой 5, показывающей равновесное состояние коромысла. До начала испытаний изделия коромысло приводят в равновесие подвижной гирей 8.

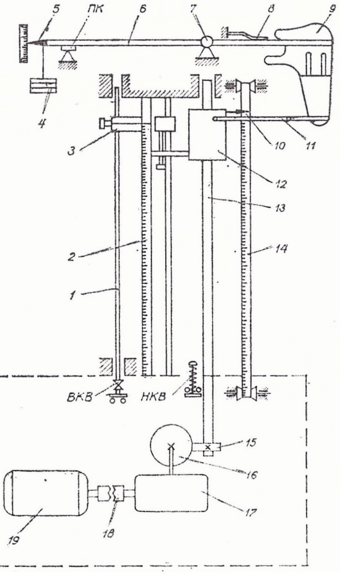


Рис. 10.1. Схема прибора для измерения растяжимости чулочно-носочных изделий:

1 — направляющая, *2* — левая линейка, *3* — движок, *4* — подвеска для грузов; *5, 10* — стрелки, *6* — стержень, *7* — ось вращения, *8* — гиря, *9* — форма следа, *11* — растягивающий рычаг, *12* — каретка, *13* — ходовой винт, *14* — правая линейка; *15, 16* — винтовые шестерни, *17* — червячный редуктор, *18* — соединительная муфта, *19* — электродвигатель

Для перемещения каретки 12 с растягивающим рычагом 11 служит ходовой винт 13, на нижнем конце которого закреплена винтовая шестерня 15; через нее вращательное движение передается ходовому винту. Перемена направления вращения винта зависит от изменения вращения электродвигателя 19, который при помощи соединительной муфты 18 связан с червячным редуктором 17. На вал редуктора посажена винтовая шестерня 16, непосредственно сообщающая движение шестерне 15.

На каретке имеется стрелка 10, показывающая на шкале линейки 14 величину удлинения изделия при растяжении. С левой стороны каретки укреплен кронштейн с винтом, который, воздействуя на движок 3, разрывает контакт верхнего концевого выключателя ВКВ. Перемещение каретки вниз ограничивается нижним концевым выключателем НКВ.

На приборе установлены две измерительные линейки. Правая 14 закреплена на стальной ленте и перемещается по направляющим роликам; перемещение ее вызвано необходимостью установки нулевой отметки по стрелке 10 для удобства отсчета показаний от нуля. Левая линейка 2 служит для установки на ней движка 3, определяющего расстояние между растягивающими рычагами 6 и 11 по размеру изделия.

Характерные неисправности прибора, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Характерные неисправности прибора для определения растяжимости чулочно-носочных изделий и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении прибора двигатель не работает	Неисправность выключателя; Перегорели предохранители	Исправить выключатель; Заменить предохранители и проверить напряжение питания
При включении прибора двигатель гудит	Отсутствует ток в одной из фаз	Проверить предохранители; Проверить подвод питания к электромотору
Каретка не передвигается	Заедание каретки или привода; Отвинтился стопорный болт в приводе	Устранить заедание, проверить смазку; Закрепить стопорный болт
Каретка делает большой выбег при остановке	Неисправность в механизме тормоза; Пробой конденсаторов; Не работает блокировочный контакт пускателя	Устранить неисправность; Проверить конденсаторы; Проверить работу контакта пускателя
Пусковая кнопка после включения не возвращается	Перекос или неисправность в пусковой кнопке	Отвернуть корпус кнопочной станции и устранить неисправность

Для определения крутки пряжи методом непосредственного раскручивания используется крутколер, кинематическая схема которого изображена на рис. 10.2.

Прибор состоит из корпуса 15, натяжного устройства, двигающегося по двум направляющим 31, на одной из которых имеется мерная линейка 1; внутри корпуса смонтирован валик 14, на одном конце которого жестко насажен правый зажим 7, а на другом — червяк 16, передающий вращение через зубчатые колеса 21 и 22 на шкалу 20 счетчика числа оборотов. На правом конце червяка укреплена рукоятка 17 для ручного подкручивания правого зажима при выдвинутой рукоятке 26 вправо; с помощью рукоятки

26 осуществляют пуск и изменение направления вращения правого зажима, а также его остановку. Когда стержень перемещается вправо, включается в работу электродвигатель 24. При повороте рукоятки в направлении *S* испытывается пряжа с левой круткой, а в направлении *Z* — с правой.

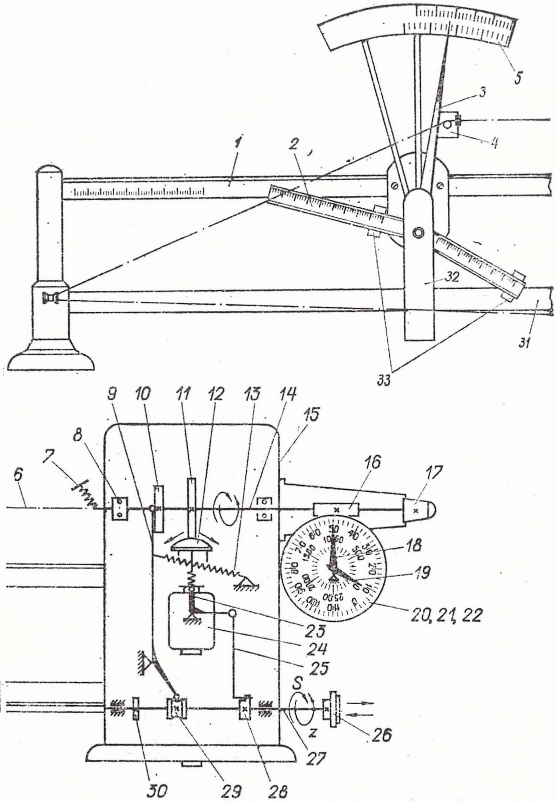


Рис. 10.2. Кинематическая схема круткомера:

1 — мерная линейка, *2* — нагрузочная шкала; *3, 18, 19* — стрелки, *4* — зажим, *5* — шкала удлинения, *6* — испытываемая нить, *7* — правый зажим, *8* — радиально-сферический подшипник № 1008; *9, 28* — рычаги, *10* — тормозной диск, *11* — фрикционный диск, *12* — грибок, *13* — пружина; *14, 27* — валики, *15* — корпус, *16* — червяк, *17, 26* — рукоятки, *20* — шкала счетчика, *21* — шестерня (z=98, m=0,75); *22* — шестерня (z=100, m=0,75); *23, 32* — кронштейны, *24* — электродвигатель УП-03 (5000 об/мин W 108), *25* — серьга, *29* — кулачок, *30* — муфта, *31* — направляющая, *33* — грузики

Натяжное устройство представляет собой кронштейн 32, на котором крепятся шкала удлинения 5 и качающаяся система со стрелкой 3, зажимом 4 и двумя нагрузочными шкалами. Грузик 33 левого плеча нагрузочной шкалы 2 служит для создания предварительного натяжения испытываемой нити 6 от 10 до 50 г, а грузик правого плеча — для предварительного натяжения от 1 до 10 г. Шкала 5 предназначена для определения удлинения нити при рас-

кручивании и проградуирована в процентах к длине нити между зажимами.

В процессе технического обслуживания прибора раз в неделю смазывают машинным маслом вращающиеся детали — оси счетчика, зубчатую передачу; раз в месяц смазывают подшипники шпинделя и спиртом прочищают от пыли агатовые подпятники, на которые опирается вращающаяся система; смазывают подшипники электродвигателя через каждые 2000 часов его работы.

Характерные неисправности круткомера, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Характерные неисправности круткомера и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Валик 14 (рис. 10.2) вращается со скоростью менее 2000±100 об/мин	Напряжение питания менее 220 В	Отрегулировать сопротивление потенциометром
Нет чувствительности в натяжном устройстве	Сломана ось агатового подпятника Сильно поджата ось обоймы с подпятником	Заменить ось или обойму подпятника; Отрегулировать обойму с подпятником
Пробуксовывает фрикционный диск	Ослабла пружина в грибке 12	Заменить пружину

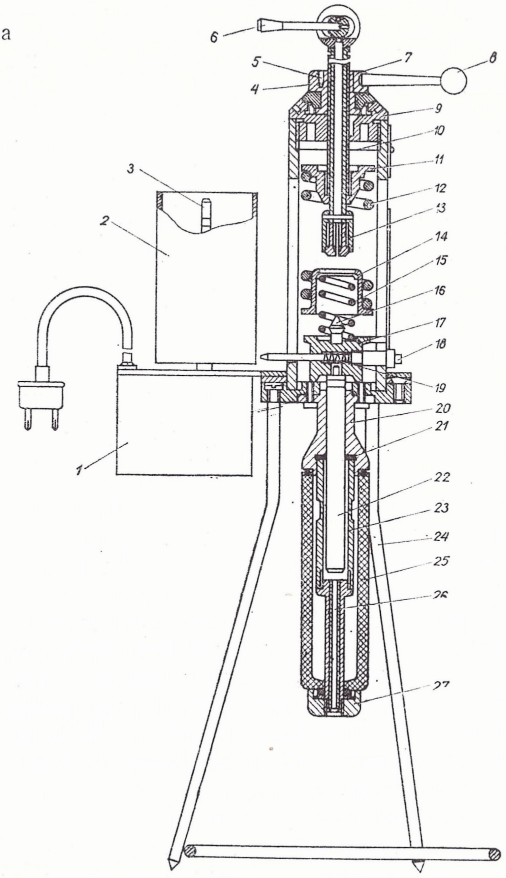
10.2. УЗКООТРАСЛЕВЫЕ ПРИБОРЫ ФАРФОРО-ФАЯНСОВОЙ ПОДОТРАСЛИ И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

В технологических лабораториях фарфоровых и фаянсовых заводов имеются узкоотраслевые приборы, позволяющие контролировать основные операции производственного процесса и качество готовых изделий, проводить испытания образцов на изгиб и растяжение.

Для определения эффективной вязкости шликера применяют автоматический вискозиметр, принцип действия которого основан на одновременной автоматической регистрации двух непрерывно изменяющихся, взаимосвязанных нагрузок на шток и скорости его погружения.

Рис. 10.3.
Конструкция вискозиметра

1 — электродвигатель,
2 — барабан, *3* — вал,
4 — втулка, *5* — штифт;
6, 8 — рукоятки,
7 — цилиндр, *9* — крышка,
10 — винт;
11, 14 — стаканы;
12, 15, 19 — пружины,
13 — цанга,
16 — штырь, *17* — опора,
18 — карандаш,
20 — втулка,
21 — прокладка,
22 — шток,
23 — трубка,
24 — ножка,
25 — измерительная камера,
26 — капилляр,
27 — гайка



Конструкция вискозиметра представлена на рис. 10.3. На нижнем конце опоры 17 закреплен шток 22, другой конец опоры кончается штырем 16. Между опорой 17 и стаканом 14 находится цилиндрическая пружина 15, а пружина 12 расположена между стаканами 14 и 11, она жестко закреплена на конце винта 10. При вращении рукоятки 8 вращается также цилиндр 7, так как он с помощью штифта 5 скреплен с рукояткой 8. Благодаря винтовому соединению при вращении рукоятки 8 винт 10 поднимается или опускается в цилиндре 7. На нижнем конце винта 10 имеется цанга 13. Ее можно зажать или освободить поворотом рукоятки 6 на 180°. На опоре 17 находится карандаш 18, который острием упирается в барабан 2,

приводящийся во вращение синхронным электродвигателем 1.

Вискозиметр установлен на ножке 24, которая на нижнем кольце имеет три отверстия для крепления прибора с подставкой. Капилляр 26 представляет собой стеклянную трубку в стальной оправе, которая имеет на одном конце цилиндрический буртик, при помощи которого зажимается прокладка, и капилляр герметично соединяется с трубкой 23. Втулка 20 с помощью резьбового соединения закрепляет капилляр и трубку 23, а прокладка 21 обеспечивает их герметичность. Измерительная камера 25 крепится к втулке 20 с помощью гайки 27, которая навинчивается на конец капилляра 26.

При настройке вискозиметра необходимо насухо протереть чистой тряпкой измерительную камеру и шток 22, заполнить измерительную камеру шликером. Вращением рукоятки 8 опустить винт 10, сжимая пружины 15 и 12 настолько, чтобы цанга 13 захватила штырь 16. Момент захвата сопровождается легким щелчком. Затем, перекинув рукоятку 6, зажать цангу. Вращением рукоятки 8 в обратную сторону поднять шток 22 в крайнее верхнее положение выше нуля. Барабан 2 обернуть листом бумаги и прижать ее резиновыми кольцами. При включении двигателя карандаш должен чертить на бумаге горизонтальную линию на уровне, соответствующем максимальному сжатию пружины. С помощью рукоятки 8 стрелку установить на нуль. Переставить рукоятку 6 в другую сторону и тем самым освободить цангу 13. При этом сжатые пружины вытолкнут штырь 16 из цанги, нагрузят шток 22 и создадут в измерительной камере давление, под которым шликер начнет вытекать из камеры через капилляр 26. Когда шток 22 достигнет крайнего положения или кривая на барабане приблизится к горизонтали, остановить двигатель самописца.

Техническое обслуживание вискозиметра заключается в периодической, раз в полгода, тарировке рабочих пружин. Цель ее — определить, насколько зависимость линейного сжатия пружины от давления в камере соответствует заданной. Характерные неисправности вискозиметра, их возможные причины и способы устранения приведены в табл. 10.3.

Для измерения белизны и просвечиваемости фарфоровых изделий применяется прибор, представляющий собой двухплечевой фотоэлектрический фотометр с двумя фотоэлементами, включенными навстречу друг другу, один из

Характерные неисправности вискозиметра и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Негерметичность измерительной камеры	Износ прокладки; Отсутствие смазки между штоком и втулкой	Заменить прокладку; Произвести смазку
Нечеткое изображение графика	Слабое натяжение пружины карандаша; Недостаточная острота карандаша	Увеличить жесткость пружины; Заточить карандаш
Увеличение погрешности	Засорение капилляра	Капилляр тщательно промыть сначала растворителем, затем горячей водой, хромовой смесью, дистиллированной водой и просушить

которых является измерительным, второй — компенсирующим. В измерительном плече фотометра помещен светомерный шар, интегрирующий направленный в него световой поток любого пространственного распределения. Оптическая схема прибора приведена на рис. 10.4.

Свет лампы 1, пройдя конденсор 2, светофильтр 3 и светоделительную пластинку 4, попадает далее через объективы 6 и 8 и зеркало 9 в шар 13. Рассеянный в шаре

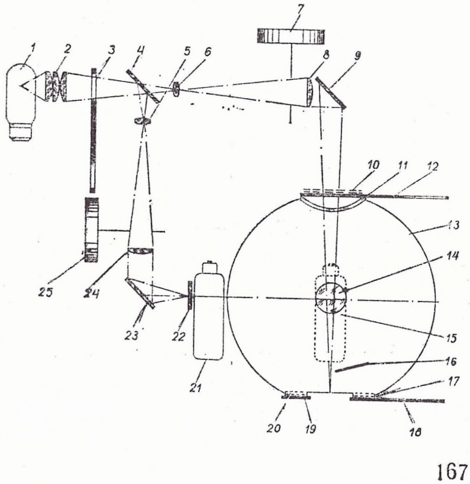


Рис. 10.4. Оптическая схема шарового фотоэлектрического фотометра:
1 — лампа, *2* — конденсор, *3* — светофильтр, *4* — светоделительная пластинка, *5, 6, 8, 24* — линзы, *7* — измерительная диафрагма, *9, 23* — зеркала, *10, 17* — образцы, *11* — защитное стекло; *12, 18, 19* — столики, *13* — шар, *14* — окно, *15, 21* — фотоэлементы, *16* — экран, *20* — эталон, *22* — пластинка, *25* — компенсирующая диафрагма

свет поступает через окно 14, закрытое молочным стеклом, на фотоэлемент 15. В нижней части шара имеются два окна — для эталона и для измеряемых образцов. Наклоном зеркала 9 световой пучок, поступающий в шар, можно наводить на эталон 20, на образец 17 или на стенку шара между окнами. Эталон и образцы размещаются на столиках 19 и 18.

Над шаром перед защитным стеклом 11 смонтирован столик 12 под образцы 10 при измерении просвечиваемости. Изменение светопотока осуществляется измерительной диафрагмой 7 переменного раскрытия. Экран 16 предохраняет от попадания на него лучей, отраженных непосредственно от образца.

Второе плечо фотометра служит для компенсации фототока, возникающего в измерительном плече. Свет, отразившийся от светоделительной пластинки 4, пройдя через линзы 5, 24 и зеркало 23, попадает на компенсирующий фотоэлемент 21, перед которым для более равномерного освещения катода помещена пластинка 22 из молочного стекла. В этом плече установлена диафрагма 25 того же типа, что и в измерительном, с ее помощью можно изменять поступающий на фотоэлемент световой поток.

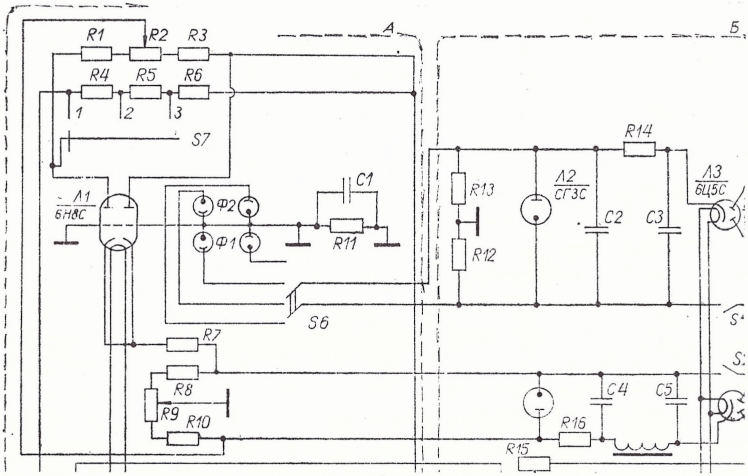


Рис. 10.5. Электрическая схема шарового фотометра:
А — контур схемы прибора, Б — контур схемы питающего устройства

Компенсирующая диафрагма 25 и измерительная 7 расположены в плоскостях, где линзами 5 и 6 создается изображение светового диаметра конденсора 2. Следователь-

но, это плоскости равномерного освещения, и значение прошедшего через диафрагму светового потока будет пропорционально площади их раскрытия.

На рис. 10.5 показана электрическая схема фотометра. В качестве источника света применяется электролампа ЛНЧ (8В, 35Вт). Для получения требуемой точности необходимо иметь постоянный накал для лампы СЦ-98 и стабилизированное напряжение питания усилителя; стабилизация обеспечивается прилагаемым к прибору питающим устройством. Приемниками световой энергии в приборе служат сурьмяно-цезиевые и кислородно-цезиевые фотоэлементы, сигналы с которых подаются на электронный усилитель. Фотоэлементы Ф-1 и Ф-2 питаются от выпрямителя через делитель напряжения, состоящий из резисторов $R12$ и $R13$. Усилитель постоянного тока собран по мостовой схеме, плечами которой являются резисторы $R1$, $R3$ и внутреннее сопротивление лампы Л1. В диагональ моста включен гальванометр Г, являющийся нулевым индикатором. С помощью переменного резистора $R2$ устанавливается электрический нуль.

В процессе настройки прибора необходимо добиться, чтобы нить фотометрической лампы четко изображалась на поверхности образца или эталона. Наблюдение за изображением нити производят с помощью контрольного зеркала.

При обслуживании фотометра необходимо тщательно оберегать все оптические детали и фотометрическую лампу от запыления. Заменяя вышедшие из строя фотоэлементы, следует обратить внимание на качество припаивания проводов к их контактам, а также на правильность установки фотоэлементов: они должны располагаться симметрично относительно отверстия в коробке. При замене лампы Л1 выбирают такую, чтобы можно было выставить стрелку гальванометра на нуль; с этой же целью можно изменить сопротивление резисторов $R1$ или $R3$ в сторону увеличения либо уменьшения на 20—25%.

Необходимо периодически проверять состояние контактов фотометрической лампы и в случае подгорания зачищать их, так как от этого зависит стабильность светового потока.

Прочность образцов из обожженной фарфоровой массы при изгибе определяется с помощью прибора, изображенного на рис. 10.6.

Прибор состоит из станины 1 и коромысла 8. Усилие, создаваемое грузом 19, который перемещается по направ-

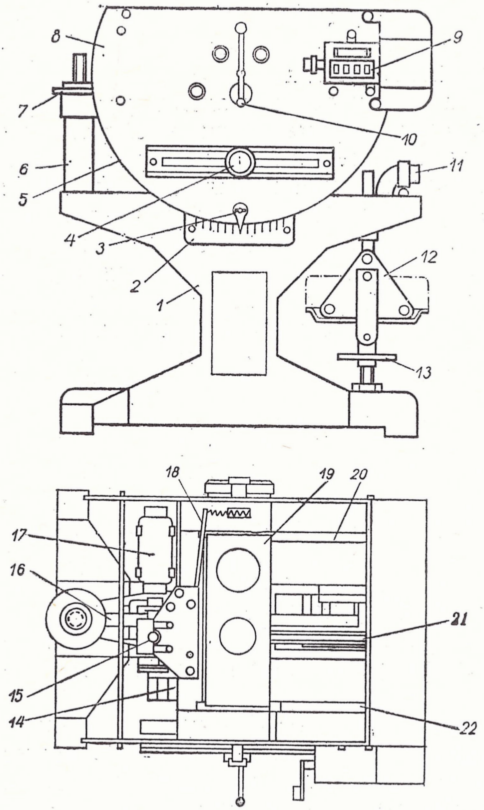


Рис. 10.6.
Прибор для определения прочности фарфоровых образцов при изгибе:
1 — станина,
2 — шкала,
3 — указатель,
4 — шарнир,
5 — подвижная платформа,
6 — амортизатор,
7 — шайба,
8 — коромысло,
9 — счетчик,
10 — рукоятка управления,
11 — уровень,
12 — захват для образца,
13 — регулировочная гайка,
14 — центробежный регулятор,
15 — редуктор,
16 — хвостик,
17 — электродвигатель,
18 — рычаг,
19 — груз,
20, 22 — направляющие,
21 — ходовой винт

ляющим 20 и 22 коромысла, передается посредством рычажной системы на захваты 12. Положение груза на коромысле, определяющее приложенную к образцу нагрузку, фиксируется счетчиком 9, указывающим значение напряжения изгиба.

Перемещение груза осуществляется электродвигателем 17 через редуктор 15 и ходовой винт 21, а постоянная скорость нагружения поддерживается центробежным регулятором 14.

При переключении тумблера *S* вперед (рис. 10.7) рукоятку управления 10 (рис. 10.6) устанавливают в нижнее положение; электрическая цепь замыкается через размыкающий контакт микропереключателя МП-В, центробежный регулятор, обмотки ротора и статора; груз перемещается по направляющим коромысла, осуществляя нагруже-

ние образца. После разрушения образца коромысло поворачивается на призмах, его хвостик 16 ударяет о шайбу 7 амортизатора 6, микропереключатель МП-В отключает электродвигатель. Результат испытания фиксируется на счетчике.

При переключении тумблера S назад (рукоятку 10 устанавливают в верхнее положение) происходит ускоренный возврат груза. Цепь замыкается через контакт микропереключателя МП-3 и резистор $R1$, минуя центробежный регулятор. Скорость вращения электродвигателя увеличивается в 2—4 раза. В конце обратного хода груз нажимает на рычаг 18 и освобождает штифт микропереключателя МП-3, тем самым вновь включая центробежный регулятор; скорость вращения двигателя, а следовательно, и скорость перемещения груза уменьшаются до скорости нагружения.

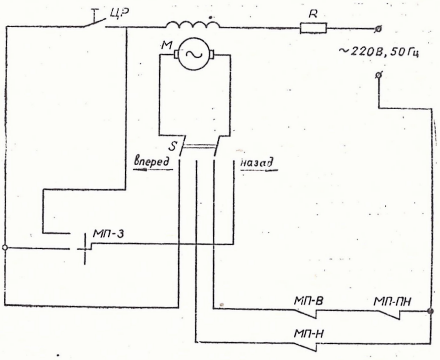


Рис. 10.7. Электрическая схема прибора для определения прочности фарфоровых образцов при изгибе

Когда груз достигает левого крайнего положения, микропереключатель МП-Н размыкает цепь питания электродвигателя и механизм прибора оказывается в исходном состоянии. Микропереключатель МП-Н служит для ограничения хода груза и выключает электродвигатель при достижении грузом крайнего правого положения.

Осуществляя техническое обслуживание прибора, необходимо следить за чистотой коллекторных колец центробежного регулятора, очищать их спиртом через каждые 50 часов работы прибора. Угольные щетки заменяют по мере износа (если длина оставшейся рабочей части равна 4—5 мм). Раз в три месяца ходовой винт и направляющие коромысла смазывают машинным маслом, а шестерни — солидолом.

ГЛАВА 11

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО МОНТАЖУ, ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ПРИБОРОВ

11.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рабочие-прибористы входят в состав метрологической службы предприятия и занимаются монтажно-наладочными работами; техническим обслуживанием приборов; проверкой точности показаний, градуировкой и паспортизацией приборов основного и вспомогательного производства предприятия; текущим и экстренным ремонтом; планово-профилактическими ремонтными работами непосредственно на участке; изготовлением некоторых запасных частей к приборам, а также необходимых несложных узкоотраслевых приборов.

Техническое обслуживание предусматривает комплекс мероприятий, направленных на создание наиболее благоприятных условий для работы приборов, предупреждение и своевременное выявление дефектов, возникающих при их эксплуатации. Сюда входит ежедневное наблюдение за состоянием приборов в процессе эксплуатации и хранения, представление их в установленные сроки для поверки. Точность показаний проверяется с помощью образцовых средств измерений, при этом погрешность проверяемого прибора должна быть меньше допустимой.

Работы, выполняемые прибористом, подразделяются на планово-предупредительные и внеплановые. К первым относятся ежемесячное (ежесуточное) текущее обслуживание и периодическое обслуживание по графику планово-предупредительных работ (периодические технические осмотры, текущий и капитальный ремонт).

Текущий ремонт предусматривает устранение мелких дефектов и отдельных неисправностей в сборочных единицах, а также чистку прибора с частичной разборкой и заменой поврежденных деталей. В случае ремонта измерительной части прибора обязательно производят его поверку.

При капитальном ремонте полностью разбирают прибор, производят замену и восстановление всех изношенных

деталей и сборочных единиц, а затем сборку прибора, его поверку, градуировку с написанием шкалы, окраску.

В табл. 11.1 указаны примерные нормы времени на монтаж, обслуживание, ремонт и наладку различных приборов.

Таблица 11.1

Примерные нормы времени на монтаж, обслуживание, ремонт и наладку приборов

Наименование и тип прибора	Вид работ и норма времени, чел.-час				Периодичность текущего ремонта
	монтаж	текущее обслуживание	текущий ремонт	наладка	
1	2	3	4	5	6
Приборы для измерения, сигнализации и регулирования температуры					
Жидкостный термометр	—	0,5	0,2	0,4	1 раз в месяц
Термопреобразователь сопротивления	0,1	0,5	0,6	0,6	„
Термоэлектрический преобразователь	0,1	0,6	0,6	0,7	„
Манометрический термометр	0,5	0,6	1,8	0,8	„
Сигнализирующий манометрический термометр	0,4	0,8	1,8	1,5	1 раз в 2 месяца
Пирометрический милливольтметр	0,2	0,15	1,0	0,5	„
Пирометрический логометр	0,2	0,34	1,2	0,8	„
Преобразователь ПТ-ТС-68	0,4	0,2	1,4	0,9	„
Автоматический потенциометр и мост	0,3	1,1	2,3	6,2	„
Регулятор температуры	0,8	0,5	2,5	1,8	„
Датчик-реле температуры ТБ-ЭЗК	0,7	0,2	1,8	2,4	„
Пирометр излучения	0,2	1,3	1,5	2,9	„
Приборы для измерения и регулирования давления и разрежения					
Манометр, мановакуумметр общего назначения ОБМ	0,1	0,9	0,4	0,4	1 раз в 2 месяца
Манометр регистрирующий МТС	0,2	0,2	1,2	0,8	1 раз в месяц
Прибор Петрова ППР	0,2	1,5	6,8	1,4	„
Сигнализирующий электроконтактный манометр ЭКМ	0,2	0,9	0,8	2,3	„

1	2	3	4	5	6
Манометр с электрическим индукционным преобразователем МЭД	0,2	0,7	0,5	1,2	„
Тягомер, напоромер, тягонапоромер ТДЖ	0,2	0,9	1,0	0,6	1 раз в 2 месяца
Регулятор давления РД	0,2	0,6	1,3	0,6	„
Сигнализатор падения давления СПДМ	0,2	0,6	0,9	0,6	„
Образцовый микроманометр МКВ-250	0,8	0,5	0,5	4,0	1 раз в месяц
Грузопоршневой манометр МП-60	0,6	0,5	2,3	1,2	„
Микроманометр с наклонной трубкой МН-240	0,8	0,3	4,4	4,0	„
Образцовый манометр МО	0,8	0,7	1,8	2,3	„
Приборы для измерения расхода и количества					
Газосчетчик	1,4	0,6	2,8	1,1	1 раз в месяц
Счетчик жидкости	1,5	0,5	3,0	0,8	„
Поплавковый дифманометр ДПМ	1,0	0,7	2,2	1,7	1 раз в 2 месяца
Мембранный и сильфонный дифманометр ДМ, ДС	1,2	0,6	3,1	2,1	„
Диафрагма	1,0	0,2	1,0	0,5	„
Индукционный расходомер	2,2	0,3	2,8	3,2	„
Расходомер МС	1,3	0,1	5,0	3,1	„
Вторичный прибор ВМД	0,5	1,0	2,3	3,2	1 раз в месяц
Ротаметр	1,3	0,1	1,4	1,6	1 раз в квартал
Планиметр	0,3	0,8	3,5	2,1	„
Приборы для измерения и регулирования уровня					
Уровномер КСД, УДУ	1,3	0,5	1,6	1,5	1 раз в 2 месяца
Сигнализатор уровня ЭСУ-2, ЭРСУ-3	1,2	0,2	1,5	1,2	1 раз в месяц
Манометрический уровнемер	0,9	0,4	1,2	1,3	1 раз в квартал
Дистанционный электрический индикатор уровня	0,6	0,7	1,7	1,6	„
Приборы для определения состава и свойств веществ					
Газоанализатор	0,7	1,0	3,5	3,0	1 раз в месяц
РН-метр РН-340	0,2	0,6	3,5	2,5	„

1	2	3	4	5	6
		Исполнительные устройства			
Гидравлический механизм ГИМ	0,9	0,8	2,0	2,0	1 раз в 6 месяцев
Электрический механизм МЭО	0,8	0,5	3,3	4,6	1 раз в месяц
Электрический механизм МЭМ	0,8	0,8	4,1	5,1	"
Электрический механизм ПР	0,7	0,3	3,1	3,8	1 раз в квартал
Электромагнитный клапан КЭ-2ХЛ4	0,6	0,8	1,9	1,8	"
		Приборы для электрических измерений			
Амперметр, вольтметр	0,2	0,5	0,3	0,5	1 раз в 6 месяцев
Ваттметр, счетчик	0,2	0,5	0,3	1,0	"
Омметр	0,5	0,1	1,5	1,5	1 раз в 2 месяца
Трехфазный электрический счетчик	0,3	0,8	0,8	1,5	"
Магазин сопротивлений	0,5	0,3	1,2	1,0	1 раз в 6 месяцев
Автоматический мост	0,2	0,4	1,2	0,8	"
		Средства измерения массы			
Весы аналитические АДВ	0,19	0,6	0,65	2,5	1 раз в 6 месяцев
Весы циферблатные	0,1	0,5	0,5	3,3	"
Весы технические	0,05	0,4	0,5	1,5	"
Гири аналитические	—	0,3	0,3	0,1	"
		Средства измерений отраслевого назначения			
Прибор для измерения растяжимости чулочно-носочных изделий	0,7	0,9	2,8	3,5	1 раз в 6 месяцев
Круткомер	0,8	1,2	3,1	3,8	"
Вискозиметр	0,6	1,2	3,2	2,9	1 раз в месяц
Шаровой фотоэлектрический фотометр	1,1	0,9	2,8	3,5	1 раз в год
Прибор для определения прочности фарфоровых образцов при изгибе	0,9	1,1	2,7	2,1	"

11.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРИБОРИСТА

Опыт показывает, что значительная часть работ по техническому обслуживанию приборов выполняется прибористом за рабочим столом. Поэтому надлежащая оснащенность мастерской и правильная организация рабочего места существенно влияют на производительность труда и качество обслуживания.

Для выполнения ремонтных и поверочных работ мастерскую-лабораторию оснащают образцовыми приборами и вспомогательным оборудованием, снабжают водой, очищенным сжатым воздухом давлением до 0,6 МПа и электрифицируют. В помещении должно быть тепло (20±5°С) и сухо. Рабочее место прибориста обеспечивается хорошим естественным освещением; необходимая освещенность — 400—700 лк. Помещение оборудуют вентиляцией. Стены покрывают масляной краской, а полы застилают линолеумом и регулярно протирают влажной тряпкой.

Рабочее место прибориста оснащается столом-верстаком, специальным стулом, лампой на поворотном кронштейне, телефоном, обеспечивающим оперативную связь с участком эксплуатации приборов, верстаком для электромонтажных и слесарно-монтажных работ, а также соответствующим инструментом. Чтобы предохранить приборы от повреждений, их укладывают на коврик из губчатой резины. Легковоспламеняющиеся жидкости (спирт, лак, клей) хранят в металлическом ящике.

Верстак снабжен электрическим паяльником для выполнения электромонтажных работ; предусмотрены гнезда с напряжением 36 В для включения паяльника.

11.3. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ, ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ПРИБОРОВ

Из металлических материалов прибористы чаще всего используют медь марки М1, которая хорошо паяется, обладает высокой электропроводностью, достаточно прочна и пластична, а также латунь и бронзу.

Латунь Л68 содержит 68% меди и 32% цинка, ее применяют для гнутых трубопроводов, кронштейнов; латунь ЛС-59-1 поставляется в виде прутков, полос и лент, используется для изготовления кронштейнов, осей и др.

деталей; литейная кремнистая латунь (ЛК80-3Л) хорошо паяется, ее применяют для изготовления подшипников скольжения; алюминиево-марганцовистая бронза (БрАМц 10-2) паяется плохо, однако обладает хорошими антифрикционными свойствами, поэтому из нее обычно изготовляют детали зубчатых зацеплений. Основные свойства некоторых медных сплавов приведены в табл. 11.2.

Таблица 11.2

Основные физико-химические и технологические свойства медных сплавов

Марка, ГОСТ	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринелю
Л68 (ГОСТ 2208-75)	300	40	89
ЛС-59-1 (ГОСТ 15527-70)	400	12	75
ЛК80-3Л (ГОСТ 17711-72)	300	15	110
БрАМц 10-2 (ГОСТ 493-79)	500	12	110

Примечания. 1. Плотность медных сплавов составляет $8{,}5 \cdot 10^3$ кг/м^3; 2. Коэффициент линейного расширения — (17—21) 10^{-6} 1/К; 3. Коррозиеустойчивость и пластичность указанных сплавов достаточно высокие; 4. Бронза БрАМц 10-2 сваривается хорошо, остальные сплавы — удовлетворительно; 5. Латунь ЛС-59-1 и ЛК80-3Л хорошо обрабатываются резанием.

Алюминиевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные (силумины). Все они имеют высокую теплопроводность и малое электросопротивление. Остальные физико-механические и технологические свойства некоторых алюминиевых сплавов приведены в табл. 11.3.

Алюминиево-медный деформируемый сплав (Д16А) называют дюралюминием, применяется он для изготовления шасси, каркасов, панелей; алюминиево-марганцовистый деформируемый сплав (АМцМ) выпускают в виде листов, труб, прессованных профилей, из него делают трубопроводы, уголки, детали сложной конструкции; высокопрочный деформируемый сплав (В95А) используют при изготовлении корпусов, каркасов и зубчатых колес; алюминиево-кремниевый литейный сплав (АЛ2) называют силумином, из него изготовляются кронштейны, корпусы, крышки.

К неметаллическим материалам, используемым приборостами, относятся пластмассы, резина, керамические сплавы, древесные, лакокрасочные и смазочные материалы, клеи.

Пластмассы подразделяются на термопластические (их можно размягчать нагреванием и перерабатывать) и термореактивные (при нагреве не размягчаются и для повторной переработки непригодны).

Таблица 11.3

Основные физико-механические и технологические свойства алюминиевых сплавов

Марка ГОСТ	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринелю	Коррозиеустойчивость	Пластичность
Д16А (ГОСТ 4784-74)	420	10	—	Удовлетворительная	Удовлетворительная
АМцМ (ГОСТ 4784-74)	90	20	55	Высокая	Высокая
В95А (ГОСТ 4784-74)	500	6	130	Удовлетворительная	Удовлетворительная
АЛ2 (ГОСТ 2685-78)	150	4	50	„	Низкая

Примечания. 1. Плотность алюминиевых сплавов составляет $2{,}7 \cdot 10^3$ кг/м^3; 2. Коэффициент линейного расширения —$(20—24) \cdot 10^{-6}$ 1/К; 3. Коррозиеустойчивость сплава АМцМ высокая, остальных — удовлетворительная; 4. Сплавы АМцМ и АЛ2 свариваются хорошо, остальные — удовлетворительно; 5. Сплавы Д16А и В95А хорошо обрабатываются резанием.

Детали из пластмасс обладают достаточной механической прочностью, хорошими изолирующими свойствами, не подвержены коррозии, недорогие, легкие [плотность $(1{,}1—1{,}8) \cdot 10^3$ кг/м^3].

Фенопласт, термореактивная пластмасса черного цвета, применяется для изготовления рукояток и корпусов электроприборов; прессовочный материал, обладающий высокой теплостойкостью и малой водопоглощаемостью, служит хорошим материалом для каркасов потенциометров и дросселей; гетинакс и текстолит характеризуются большой электрической прочностью, из них обычно изготовляют печатные платы, панели и другие электроизоляционные детали. Из стеклотекстолита, обладающего кроме электроизоляционных свойств повышенной теплостойкостью и влагостойкостью, делают платы, втулки, шайбы. Органическое стекло хорошо поддается точению, сверлению, фрезерованию, гибкое (при подогреве до 90°С), поэтому часто применяется для изготовления корпусов приборов. Полиамиды перерабатывают литьем под давлением на втулки, зубчатые колеса, подшипники скольжения.

Основные физико-механические свойства некоторых пластмасс приведены в табл. 11.4, а характеристики керамических материалов — в табл. 11.5.

Лакокрасочные материалы — лаки, эмали, грунты, шпаклевки — служат для защиты металлических деталей от коррозии, а неметаллических — от увлажнения и загнивания.

Таблица 11.4

Основные физико-механические свойства пластических масс

Материал, ГОСТ	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринелю	Коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^{-5}$	Плотность, кг/м³
Фенопласт К-15-2 (ГОСТ 5689-79)	(3—6)·10	0,3—0,7	20—40	4,5—7	$1,45 \cdot 10^3$
Прессовочный материал (ГОСТ 20437-75)	(8—20)·10	—	130—145	8—10	$(1,7—1,8) \cdot 10^3$
Гетинакс (ГОСТ 2718-74)	(7—10)·10	1,8—2	25	1,7—2,5	$(1,25—1,4) \cdot 10^3$
Текстолит электротехнический (ГОСТ 2910-74)	(6,5—10)·10	—	30	—	$(1,3—1,45) \cdot 10^3$
Стеклотекстолит ВФТ-С (ГОСТ 10292-74)	260	—	26	6—10	$(1,6—1,7) \cdot 10^3$
Органическое конструкционное стекло СОЛ (ГОСТ 15809-70)	65	2,5	7—12	8—12	$1,18 \cdot 10^3$
Полиамиды 610 (ГОСТ 10589-73)	60	—	10—15	11—15	$(1,09—1,11) \cdot 10^3$

Хорошо защищает поверхность изделия от внешней среды глифталевый электроизоляционный лак ГФ-95. Эмали выбирают в зависимости от условий эксплуатации прибора (в помещении или в атмосферных условиях). Для покраски корпуса обычно берут эмаль МЛ-152 (ГОСТ 18099-78) серого, голубого, черного или сине-зеленого цвета, а для влагозащиты — электроизоляционную эмаль ЭП-91 (ГОСТ 15943-80). Грунты служат для получения подслоя под покраску металлических и неметаллических поверхностей. Широко применяется грунтовка ГФ-0119 ТУ 23343-80 красно-коричневого цвета. С помощью шпаклевки выравнивают поверхность детали перед покраской.

Для соединения деталей из различных материалов наиболее часто применяют клей БФ-2, который, в частности, хорошо склеивает резину с металлом или неметаллом.

Смазочные материалы — жидкие масла и смазки — уменьшают трение и износ, а также предохраняют детали от коррозии. Для приборов рекомендуется применять индустриальное масло (ГОСТ 20799-75), смазку ВНИИ НП-279 или масло приборное МВП (ГОСТ 1805-76); для подшипников — смазку ЛЗ-31 (ГОСТ 24300-80), смазку приборную ОКБ-122-7 и ЦИАТИМ-205 (ГОСТ 8551-74).

Таблица 11.5

Основные характеристики керамических материалов

Материал	Плотность, г/см³	Механические характеристики		Электрические характеристики			
		Предел прочности при статическом изгибе, Па	Ударная вязкость, кДж/м²	Удельное объемное сопротивление Ом/см	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	Электрическая прочность, кг/мм
Стеатит	2,9—3,2	$(1700—1800)\cdot10^5$	3,5—4	$10^{15}—10^{16}$	6,5—7	$(5—8)\cdot10^{-4}$	35—40
Ультрафарфор	3,3—3,5	$(1800—2500)\cdot10^5$	3,4—4,8	$10^{15}—10^{16}$	8—8,3	$(5—9)\cdot10^{-4}$	30—35
Титанат магния	3,2—4,8	$(1000—1200)\cdot10^5$	—	$10^{13}—10^{15}$	14	3×10^{-4}	20—25
Станнат кальция	3,2—4,8	$(800—900)\cdot10^5$	—	$10^{13}—10^{15}$	16	5×10^{-4}	20—25
Титанат стронция	3,2—4,8	$(900—1100)\cdot10^5$	—	$10^{13}—10^{15}$	250	3×10^{-4}	20—25
Титанат бария	5,3—5,8	$(600—800)\cdot10^5$	—	10^{12}	1500	0,02	3
Стекло	2,6—3,5	2500×10^5	1,47—1,96	10^{14}	4,2—7	$(1—8)\cdot10^{-3}$	20—30
Поликор	3,6—3,8	$(2800—3200)\cdot10^5$	4,6—5	$10^{16}—10^{17}$	8,5—9	$(1—3)\cdot10^{-4}$	35—38

Резина обеспечивает получение герметичных соединений металлических поверхностей; из нее также изготовляют прокладки, мембраны, амортизаторы, различные трубки.

11.4. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНТАЖА, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРИБОРОВ

При монтаже и техническом обслуживании приборов используются инструменты и приспособления как серийно выпускаемые промышленностью, так и специально разработанные для этих целей. Слесарные работы выполняются с помощью инструментов, входящих в индивидуальный набор слесаря-монтажника.

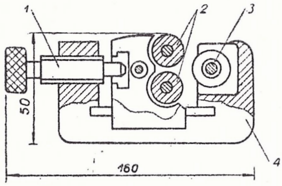


Рис. 11.1. Конструкция малогабаритного трубореза:
1 — винт, 2 — ролики, 3 — нож, 4 — корпус

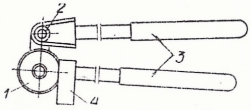


Рис. 11.2. Конструкция трубогиба:
1 — обжим, 2 — ролик, 3 — рычаги, 4 — захват

Для обработки металлических труб чаще всего пользуются труборезом и трубогибом. На рис. 11.1 изображен малогабаритный труборез для стальных труб диаметром 6—22 мм и усилием резания 10 кг, состоящий из корпуса 4, двух роликов 2, ножа 3 и винта 1 для подачи ножа. Трубогиб для изгиба труб диаметром 8 мм под углом 180° (рис. 11.2) состоит из двух рычагов 3, ролика 2, обжима 1 и захвата 4. Трубка вставляется между роликом и обжимом и зацепляется за крюк, сгибают ее поворотом рычагов.

Отверстия в местах крепления приборов просверливают спиральными сверлами, а резьбу нарезают метчиками. Рекомендуемые диаметры сверл для выполнения отверстий под метрическую резьбу приведены в табл. 11.6.

Перед подключением кабеля или жгута к клеммам прибора производят прозвонку и маркировку жил и проводов с целью проверки соответствия электрических цепей монтажной схеме. Для прозвонки можно использовать пробник, омметр, тестер или мегомметр. Самым простым средством является пробник (рис. 11.3), который позволяет определить целостность провода, наличие электриче-

Таблица 11.6

Рекомендуемые диаметры сверл для выполнения отверстий под метрическую резьбу, мм

Диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла	
1	0,2	0,8	0,82
	0,25	0,75	0,8
1,1	0,2	0,9	0,92
	0,25	0,85	0,9
1,2	0,2	1,0	1,05
	0,25	0,95	1,0
1,4	0,2	1,0	1,25
	0,3	1,1	1,15
1,6	0,2	1,4	1,45
	0,35	1,25	1,3
1,8	0,2	1,6	1,65
	0,35	1,45	1,5
2	0,25	1,75	1,8
	0,35	1,6	1,65
2,2	0,25	1,95	2,0
	0,45	1,75	1,8
2,5	0,35	2,15	2,2
	0,45	2,05	2,1
3	0,35	2,65	2,7
	0,5	2,5	2,6
3,5	0,35	3,15	3,2
	0,6	2,9	2,95
4	0,5	3,5	3,6
	0,7	3,3	3,4
4,5	0,5	4,0	—
	0,75	3,75	3,9
5	0,5	4,5	4,6
	0,8	4,2	4,3
5,5	0,5	5	5,1
6	0,5	5,5	5,6
	0,75	5,25	5,3
	1,0	5,0	5,1
7	0,5	6,5	6,6
	0,75	6,25	6,3
	1,0	6,0	6,1
8	0,5	7,5	7,6
	0,75	7,25	7,3
	1,0	7,0	7,1
	1,25	6,8	6,9
9	0,5	8,5	8,6
	0,75	8,25	8,3
	1,0	8,0	8,1
	1,25	7,8	7,9
10	0,5	9,5	9,6
	0,75	9,25	9,3
	1,0	9,0	9,1
	1,25	8,8	8,9
	1,5	8,5	8,7
11	0,5	10,5	10,6
	0.75	10,25	10,3
	1,0	10,0	10,1
	1,5	9,5	9,7
12	0,5	11,5	—
	0,75	11,25	11,3
	1,0	11,0	11,1
	1,25	10,8	10,9
	0,5	10,5	10,7
	1,75	10,2	10,4

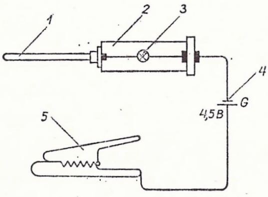
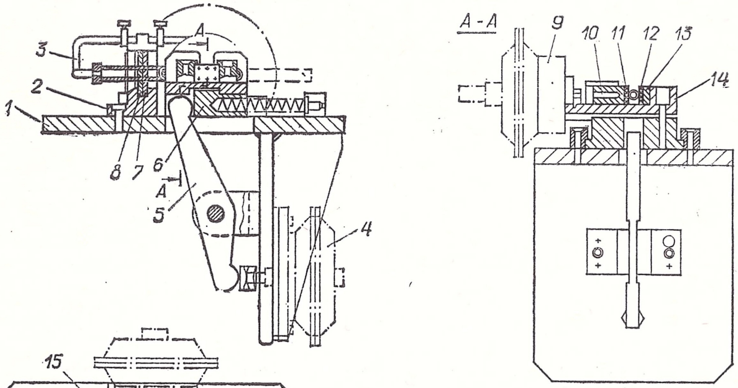


Рис. 11.3. Прозвоночное устройство (пробник):

1 — щуп
2 — просвечивающийся футляр,
3 — электрическая лампочка,
4 — батарейка,
5 — зажим

ской цепи или контакта соединения, найти концы одноименной жилы или обмотки.

Для ускорения зачистки от изоляции концов проводов разного диаметра применяют специальные приспособления. Одно из них изображено на рис. 11.4.



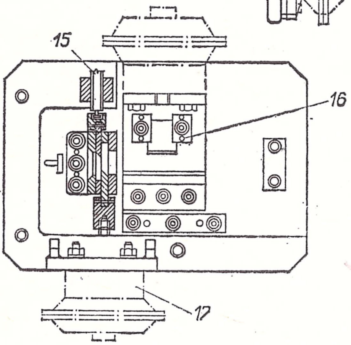


Рис. 11.4. Конструкция приспособления для зачистки концов проводов диаметров до 80 мм от изоляции:

1 — корпус, *2* — стойка, *3* — упор, *4, 17* — пневмокамеры, *5* — рычаг, *6* — ползун, *7, 8* — сменные ножи, *9* — камера, *10* — направляющая, *11, 12* — резиновые накладки, *13* — упорная планка, *14* — кронштейн, *15* — винт, *16* — направляющие планки

Стойка 2 винтами прикреплена к сварному корпусу 1. В этой стойке имеется паз для ориентированной укладки провода, а также паз для направления движения сменных ножей 8 и 7, соответствующих определенному сечению вода. Высота ножа 8 регулируется винтом 15. Под действием пневмокамеры 17 ножи 8 и 7 врезаются в изоляцию провода. Одновременно под действием камеры 9 провод направляющей 10 прижимается к упорной планке 13 на кронштейне 14, закрепленном на корпусе 1. Чтобы не происходило жесткого смятия экрана проводов, на направляющей 10 и планке 13 приклеены резиновые накладки 11 и 12. Рычаг 5 под действием пневмокамеры 4, имеющей скорость заполнения вдвое меньше зажимных камер, двигает ползун 6 в направляющих планках 16 с зажатым проводом, в результате чего происходит снятие изоляции. Длина снятия определяется упором 3.

Удалять изоляцию с концов жил проводов можно с помощью электроножа (рис. 11.5). Нагреватель делают из нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм на напряжение

2—3 В, что способствует быстрому нагреванию и предохраняет от перегорания.

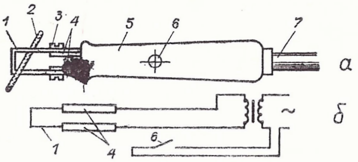


Рис. 11.5. Конструкция (а) и схема (б) электроножа для удаления изоляции с концов жил проводов:

1 — нагреватель, *2* — провод, *3* — зажимы, *4* — теплообменник, *5* — ручка, *6* — кнопка, *7* — четырехжильный провод (сечением жил 1 мм²)

Соединение проводов, электроэлементов и емкостей при ремонтных работах осуществляют с помощью электрических паяльников мощностью до 100 Вт. С целью экономии электроэнергии применяют паяльник, изображенный на рис. 11.6.

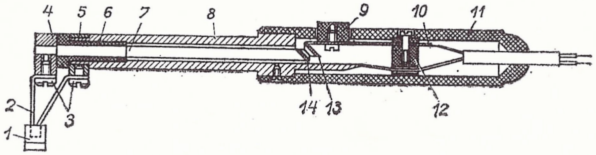


Рис. 11.6. Конструкция паяльника с рациональным потреблением электроэнергии:

1 — керн, *2* — нагреватель, *3* — винты, *4, 5* — хомутики, *6* — втулка, *7* — стержень, *8* — корпус, *9* — кнопка включателя, *10* — пластина, *11* — ручка, 12 — втулка, *13, 14* — контакты

Особенность его конструкции в том, что керн 1 (расплющенная медная трубка) и нагреватель 2 (нихромовая проволока диаметром 0,5—1,2 мм) объединены в одну сменную сборочную единицу — наконечник, который крепится двумя винтами 3 к хомутику 4 стержня 7 и к хомутику 5 стального корпуса 8. Изолятором между стержнем и корпусом служит пластмассовая втулка 6. К корпусу крепится пластмассовая ручка 11, в которой установлена втулка 12 для соединения пластины 10 с кнопкой включения 9. При нажатии кнопки замыкаются контакты 13 и 14, ток питания от вторичной обмотки понижающего трансформатора начинает проходить через стержень и наконечник, нагревая его в течение 1—3 с, т. е. практически мгновенно. Использование такого паяльника обеспечивает экономию электроэнергии до 80%.

Для контроля и регулирования температуры керна паяльника применяют специальные устройства (рис. 11.7, а).

Представленная на рисунке схема состоит из блока регулирования температуры II и паяльника I с присоеди-

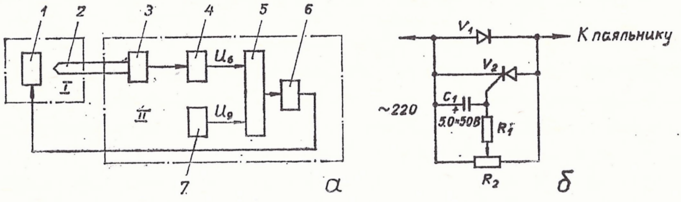


Рис. 11.7. Схема паяльника с устройством для регулирования температуры керна:

I — паяльник, II — блок регулирования температуры; *1* — нагреватель, *2* — термоэлектрический преобразователь, *3* — милливольтметр, *4* — усилитель, *5* — компаратор, *6* — управляющий элемент, *7* — блок опорных напряжений, U_6, U_9 — напряжения, *V*1 — диод *Д* 225, *V*2 — тиристор КУ101Б, *R*1 — резистор 30 к, *R*2 — потенциометр 30 к

ненным к керну термоэлектрическим преобразователем 2. ТермоЭДС преобразователя измеряется милливольтметром 3, шкала которого проградуирована в градусах Цельсия, и усиливается усилителем 4. Компаратор 5 сравнивает напряжение с усилителя U_6 и блока опорных напряжений 7 — U_9. Если U_6 меньше U_9, то управляющий элемент 6 подает на нагреватель паяльника 1 полную мощность синусоидального напряжения; если же U_6 больше U_9, то на нагревательный элемент подается половина мощности. Реализация этого явления показана на схеме (рис. 11.7, б). Положительная полуволна напряжения через диод *V*1 проходит на паяльник, а отрицательная при закрытом тиристоре *V*2 не проходит. Таким образом, нагреватель паяльника оказывается под напряжением только в течение половины периода. Если же тиристор открыт, напряжение на паяльник подается в течение всего периода. Изменяя момент открывания тиристора сопротивлением *R*1, можно регулировать температуру паяльника.

В приложении 3 дан перечень инструментов, необходимых для ремонта приборов.

11.5. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МОНТАЖА, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРИБОРОВ

Основными факторами, определяющими высокое качество монтажа, технического обслуживания и ремонта приборов, являются: соответствие квалификации рабочих выполняемой работе; обеспеченность материалами, образцовыми средствами измерений, инструментом и качественно

исполненной технической документацией; качество применяемых материалов, приборов и деталей; соблюдение требований стандартов; готовность установок, щитов и других объектов под монтаж; внедрение передовых методов работы, совершенствование технологического процесса монтажа и ремонта, улучшение организации труда; организация контроля за качеством выполняемых работ; уровень трудовой дисциплины и высокая культура производства.

Для отличной оценки качества работ необходимо соблюдение следующих требований:

параллельность кабелей и проводов на всем протяжении при одинаковом провесе между точками крепления;

изгибы труб должны быть плавными и иметь овальность сечений менее 10%;

пайки проводов и концов кабелей к контактным лепесткам следует тщательно промыть от остатков флюса и покрасить цветным цапон-лаком;

жгуты проводов, прокладываемые внутри шкафов и щитов, должны выполняться с применением специальных шаблонов;

четкость маркировочных надписей;

применение специальных стендов;

наличие журнала отказов приборов и его качественное заполнение;

наличие технологических документов, используемых при ремонте (карт технологического процесса дефектации и др.).

Качество работы прибориста оценивают по коэффициенту качества труда $К_т$. Работа, выполненная в установленный срок и в полном соответствии с технической документацией, принимается с первого предъявления и оценивается коэффициентом 1. При обнаружении ошибок, вызвавших дополнительные затраты времени на исправление, $К_т$ снижается в зависимости от количества и характера отклонений.

Коэффициент качества за одну выполненную работу при наличии нескольких дефектов определяется по формуле

$$К_т = 1 - К_с + К_п, \qquad (11.1)$$

где коэффициент снижения $К_с = \sum_{i=1}^{n} К'_с + \sum_{i=1}^{n} К''_с$; $К'_с$ — коэффициент снижения по классификатору показателей качества труда; $К''_с$ — коэффициент снижения за ошибки, допущенные в предыдущих работах, но выявлен-

ные в текущем месяце; $К_п$ — коэффициент повышения по классификатору показателей качества труда.

Суммарный коэффициент качества всех работ, выполненных прибористом в отчетном месяце $К_м$, рассчитывают по формуле

$$К_м = \sum_{i=1}^{n} t_р \cdot К_т / \sum_{i=1}^{n} Т_р, \qquad (11.2)$$

где $К_т$ — коэффициент качества труда, установленный рабочему за одну выполненную работу; $t_р$ — трудоемкость той части работ, которую выполнил рабочий; $Т_р$ — трудоемкость всей работы.

Образец классификатора показателей качества труда рабочих-прибористов приведен в приложении 4.

С целью повышения заинтересованности исполнителей в высоком качестве работ производится выплата премий из фонда экономического стимулирования с учетом достигнутых качественных показателей по шкале (см. вывод).

Суммарный коэффициент качества труда за месяц, $К_м$	Размер премии, %
1,41—1,5	150
1,31—1,4	140
1,21—1,3	130
1,11—1,2	120
1,01—1,1	110
0,91—1,0	100
0,81—0,9	80
0,71—0,8	70
0,61—0,7	60
менее 0,6	премия не выплачивается

Показатели качества труда входят в число основных при подведении итогов социалистического соревнования, занесении передовиков на Доску почета, присуждении звания ударника коммунистического труда, а также учитываются при аттестации.

ГЛАВА 12

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ПРИБОРОВ

12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Соблюдение правил техники безопасности при монтаже и техническом обслуживании приборов исключает случаи травматизма, повышает санитарно-гигиенические условия труда.

Приступать к работе по монтажу и обслуживанию приборов следует после инструктажа и проверки знаний по технике безопасности.

Техническое обслуживание приборов, встроенных в технологическое оборудование, разрешается производить только на недействующем оборудовании. Вывод оборудования в состояние недействующего осуществляется в определенной последовательности: отключают общие выключающие устройства и вывешивают плакаты: «Не включать: работают люди»; на распределительных щитах снимают предохранители и вывешивают такие же плакаты; измерительными приборами проверяют отсутствие напряжения на всех вводных линиях; необходимо не менее трех раз коснуться заземленным разрядником к выводам конденсаторов для снятия остаточных зарядов; отсоединяют и снимают все источники электроэнергии, находящиеся на оборудовании; отсоединяют провода питания.

12.2. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

При нарезании резьбы, гибке и опиловке металла обращают внимание на исправность инструмента: хорошо ли насажена ручка напильника, надежно ли закреплена деталь в тисках и т. д. На поверхности деревянных ручек не должно быть сколов и заусениц. Зубила и пробойники не должны иметь повреждений рабочих концов, трещин и заусениц на затылочной части; длина инструментов — не менее 150 мм.

Пользуясь инструментом ударного действия, необходимо надевать предохранительные очки с небьющимися стеклами.

При заточке инструмента тоже пользуются защитными очками или защитным экраном. Зазор между подручником и наждачным кругом не должен превышать 3 мм. Подводить затачиваемый инструмент следует плавно, стоя вполоборота к абразивному кругу.

Оборудование, применяемое для заготовительных работ, обеспечивается устройствами, которые защищают рабочего от искр, стружки, осколков поломанного инструмента, брызг охлаждающей жидкости. Вращающиеся части оборудования и инструмента закрывают глухими кожухами.

Приступая к работе с переносным электроинструментом (например, электродрелью), надо проверить затяжку кре-

пящих винтов, исправность редуктора, выключателя и заземления, состояние изоляции на проводе.

Электрифицированный инструмент применяют при напряжении не более 220 В, а в помещениях с повышенной опасностью — не более 36 В. Корпус электроинструмента, работающего при напряжении свыше 36 В, должен быть заземлен. Работать электроинструментом надо в резиновых перчатках, а под ноги настелить резиновый коврик.

Перед началом работы проверяется исправность ручного инструмента: рабочая часть отвертки должна быть правильно заточена, рукоятки кусачек и плоскогубцев изолированы.

При электросварочных работах особое внимание надо обратить на надежность изоляции сварочного кабеля, идущего к электроду (сопротивление изоляции не менее 0,5 МОм), а также на состояние контактов, заземляющих проводов и защитных средств.

Все электротехнические устройства и измерительные приборы надежно заземляют. К частям, подлежащим заземлению, относятся корпусы приборов и электрических машин, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, каркасы, щиты управления, металлические оболочки проводов.

Монтаж многих приборов, как правило, предусматривает пайку. Эта операция сопровождается загрязнением воздушной среды, рабочих поверхностей столов, одежды и кожи рук свинцом, поэтому необходимо строго соблюдать меры индивидуальной профилактики. Рабочие места оснащаются местной вытяжной вентиляцией. Скорость движения воздуха на месте пайки, создаваемая местным отсасыванием, должна быть не менее 0,6 м/с. Работающие и администрация должны следить за своевременным прохождением периодических (раз в год) медицинских осмотров.

12.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ С РТУТЬЮ

Ртутные приборы необходимо хранить в отдельном помещении в шкафах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией. Полы в этом помещении покрывают линолеумом.

Если в результате неосторожного обращения с приборами ртуть пролилась на пол, ее нужно немедленно и тщательно собрать в герметически закрывающийся баллон

или же в стеклянную банку с водой, закрыть пробкой и хранить в шкафу с вытяжной вентиляцией. Собирают ртуть при помощи резиновой груши.

Для удаления с пола остаточной ртути пользуются ветошью, смоченной 0,1%-ным раствором марганцовокислого калия (светло-розового цвета) с добавлением 5 мл концентрированной соляной кислоты на 1 л раствора.

12.4. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕНОСНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Получая измерительные приборы, необходимо проверить их исправность, осмотреть зажимы и соединительные провода. Сборка измерительных схем осуществляется гибкими одножильными многопроволочными проводами с изоляцией, соответствующей рабочему напряжению прибора. Провода должны иметь специальные оконцеватели; сечения берутся в соответствии с измеряемыми величинами тока, но не менее 2,5 мм^2.

Сборку временных схем производят только при снятом напряжении. В собранной схеме нельзя переключать соединительные провода под напряжением, так как можно получить травму от электрической дуги. После окончания работ временное питание надо отключить, поскольку оставленная под напряжением линия может стать причиной несчастного случая.

Располагать переносные измерительные приборы следует на столиках так, чтобы чтение их показаний не было связано с приближением к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Во время измерений нельзя касаться включенных трансформаторов, приборов и проводов. Место измерений надо оградить и вывесить плакат «Под напряжением».

Перед началом работы с мегомметром надо убедиться в отсутствии лиц, работающих на участке, где производятся измерения. Измерять следует вдвоем при полном отключении объекта; измерения на отсоединенных аппаратах или электродвигателях можно производить одному прибористу.

При определении значения сопротивления разветвленных цепей необходимо проверить по схеме, куда выходят разветвленные участки цепи, закрыть к ним доступ, вывесить предупредительные плакаты или поставить наблюдающего на все время производства работы. После измерения

сопротивления изоляции кабелей и конденсаторов необходимо разрядить их; прикосновение к ним из-за остаточного заряда может повлечь за собой травму.

12.5. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Прибористы, обслуживающие приборы для измерения и регулирования давления и разрежения, должны быть хорошо знакомы с принципами действия, устройством и правилами техники безопасности при эксплуатации сосудов, находящихся под давлением.

Установка приборов в сосудах, аппаратах и трубопроводах под давлением производится только с разрешения соответствующей инспекции. Причем приборы могут использоваться для измерения давления лишь тех сред, которые не вызывают коррозии деталей, соприкасающихся с этими средами. Соединение с местом отбора давления должно быть герметичным, отсоединения и присоединения необходимо производить при отсутствии давления в месте его отбора.

Обслуживающий персонал не должен включать и отключать приборы и регуляторы давления без письменного разрешения ответственного лица; затягивать уплотнения, сальники приборов и регулирующих органов, находящихся под давлением; устранять мелкие дефекты приборов без их отключения; снимать преобразователи, встроенные в технологическое оборудование.

При техническом обслуживании приборы снимают с рабочего места и заменяют резервными или же закрывают место контроля заглушками.

Следует помнить, что соприкосновение кислорода с маслом может привести к взрыву, поэтому нельзя хранить кислородные манометры вместе с другими и проверять их с помощью грузопоршневого манометра, где в качестве рабочей среды применяется масло.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Основные характеристики компенсационных проводов, применяемых с термопарами

Термопара	Материал жил компенсационных проводов и цвет их оплетки				Цвета общих опознавательных нитей, проложенных в проводе	Условное буквенное обозначение	ТермоЭДС в паре между жилами при температурах рабочего и свободного концов 100° и 0°С, мВ	Допустимое отклонение значения термоЭДС, мВ
	электроположительный	цвет	электроотрицательный	цвет				
Хромель-алюмель	Медь	Красный	Константан	Коричневый	Красно-белый	М	4,10	0,15
Хромель-алюмель	Хромель	Фиолетовый	Алюмель	Черный	Фиолетово-черный	ХА	4,10	0,15
Хромель-копель	Хромель	Фиолетовый	Копель	Желтый	Фиолетово-желтый	ХК	6,90	0,30
Платинородий-платина	Медь	Красный	Сплав ТП	Зеленый	Зелено-белый	П	0,64	0,30

Приложение 2

Данные о проверке газоанализатора

№№ пп	Дата и температура проверки	Состав контрольной газовой смеси	Показания газоанализатора	Основная погрешность, %	Подпись проводившего проверку
		% по объему			

Перечень инструментов для ремонта приборов

Наименование	Количество	
	на рабочее место	на мастерскую
Отвертка часовая малая с шириной лезвия 1,5 мм	1	—
Отвертка часовая обычная с шириной лезвия 3 мм	1	—
Отвертка обычная 4 мм	1	—
Отвертка обычная 8 мм	1	—
Плоскогубцы малые	1	—
Плоскогубцы обычные	1	—
Плоскогубцы юстировочные	1	—
Пинцет хирургический 150 мм	1	—
Тиски ювелирные	—	1
Тиски настольные малые	—	1
Лупа с трехкратным увеличением	—	1
Молоток часовой	—	1
Молоток обычный 200 г	—	1
Керн	—	1
Кусачки боковые	1	—
Кусачки прямые (торцовые)	—	1
Ножовка по металлу	—	1
Дрель ручная	—	1
Дрель электрическая малая	—	1
Набор сверл (0,8—6 мм)	—	1
Набор мечиков (1,5—6 мм)	—	1
Набор плашек (1,5—6 мм)	—	1
Набор натфилей	—	1
Набор напильников разных профилей	—	1
Набор ключей (от 4 до 32)	—	1
Набор торцовых ключей	—	1
Ключ разводной	—	1
Паяльник 25—60 Вт	1	1
Паяльник 90 Вт	—	1
Нож монтерский	1	1
Шило	—	1
Наковальня малая	—	1
Круглогубцы малые	1	—
Круглогубцы средние	1	—

Классификатор показателей качества труда рабочих при монтаже, техническом обслуживании и ремонте приборов

Критерии качества труда	Значение коэффициента качества труда
Критерии снижения	
Плохое качество пайки	0,03
Замечания по чистоте на рабочем месте	0,02
Некачественно произведены увязка и крепление жгута	0,01
Плохая зачистка проводов	0,02
Отклонение применяемых проводов от указанных в документации	0,2
Некачественные прокладка и крепление труб	0,01
Некачественное соединение труб с приборами и арматурой	0,02
Отклонение от документации при выполнении заземления щитов и пультов	0,1
Выход из строя прибора в процессе эксплуатации из-за плохого техобслуживания	0,05
Отсутствие на рабочем месте должностной инструкции и инструкции по технике безопасности по выполняемой работе	0,5
Некачественная настройка и регулировка приборов	0,2
Не соблюдалась технологическая последовательность монтажа или ремонта	0,2
Не выявлены и не устранены дефекты приборов	0,2
Ответвления подсоединены не под прямым углом	0,05
Имеются повороты труб и ответвлений длиной более 0,5 м и без крепления	0,1
Критерии повышения	
Наличие рационализаторских предложений, за одно предложение	0,1
Отсутствие отказов обслуживаемых приборов	0,05
Наличие экономии спирта, за каждые 100 г	0,05
Экономия электроэнергии	0,05
Совмещение профессий	0,3
Учеба на курсах повышения квалификации	0,1

ЛИТЕРАТУРА

Бондаренко В. П., Плетник М. И. **Справочник электромонтажника.**— К.: Будівельник, 1976.

Лосятинский В. А. **Справочное пособие для метролога предприятия.**— М.: Изд-во стандартов, 1972.

Миндин М. Б., Непомнящий И. Б. **Монтаж приборов измерения расхода жидкости и газа.**— М.: Энергия, 1977.

Никулин Н. В., Кортнев В. В. **Производство электрокерамических изделий.**— 3-е изд.— М.: Высш. школа, 1976.

Никулин Н. В., Назаров А. С. **Радиоматериалы и радиодетали.**— М.: Высш. школа, 1976.

Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей и правила техники безопасности при эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей.— Днепропетровск.: Промінь, 1972.

Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования.— К.: Наук. думка, 1976.

Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики / Васильев С. Е. и др.— К.: Наук. думка, 1972.

Шегал Г. Л., Коротков Т. С. **Электрические исполнительные механизмы в системах управления.**— М.: Энергия, 1968.

Электрические измерения / Под ред. А. В. Фремке, Е. М. Душина.— Л.: Энергия, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МЕТРОЛОГИИ . 5

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5

1.2. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ 6

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ СТРУКТУРА 8

1.4. ВИДЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ И ПОВЕРОК 10

1.5. ПАРАМЕТРЫ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 14

Глава 2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ . 17

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 17

2.2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ 17

2.2.1. Жидкостные термометры 17

2.2.2. Манометрические термометры 19

2.2.3. Термоэлектрические преобразователи 22

2.2.4. Термопреобразователи сопротивления 25

2.2.5. Вторичные измерительные преобразователи средств измерения температуры 26

2.2.6. Милливольтметры и логометры для измерения температуры 27

2.2.7. Аналоговые автоматические измерительные приборы . 33

2.2.8. Пирометры излучения 36

2.3. СИГНАЛИЗАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ 39

2.3.1. Аппаратные сигнализаторы температуры 39

2.3.1.1. Ртутные термоконтакторы 39

2.3.1.2. Ртутные контактные термометры 41

2.3.1.3. Дилатометрические сигнализаторы температуры . 42

2.4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ 42

2.4.1. Основные определения и понятия 42

2.4.2. Классификация регулирующих устройств 43

2.4.3. Регуляторы температуры, работающие без использования постороннего источника энергии 44

2.4.3.1. РЕГУЛЯТОРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ . . 44

2.4.3.2. РЕГУЛЯТОРЫ НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ . . 46

2.4.4. Аппаратные автоматические регулирующие устройства 47

2.4.4.1. Манометрические регулирующие устройства . . 47

2.4.4.2. Полупроводниковые регулирующие устройства . 51

2.4.4.3. Биметаллические регулирующие устройства . . 51

2.4.4.4. Дилатометрические регулирующие устройства . 52

2.4.5. Устройства системы «Каскад» 54

2.5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ . . . 60

2.5.1. Требования к монтажу и техническому обслуживанию термометров и регулирующих устройств 60

2.5.2. Определение неисправностей вторичных приборов для измерения и регулирования температуры и их техническое обслуживание 63

2.5.3. Монтажно-защитная арматура пирометров излучения . 69

Глава 3. **ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ** . . . 70

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 70

3.2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ 71

3.2.1. Жидкостные приборы для измерения давления и разрежения 75

3.2.2. Деформационные приборы для измерения давления и разрежения 76

3.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ 79

3.4. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ 86

Глава 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ 93

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕМЕРОВ И ПРИНЦИПЫ ИХ УСТРОЙСТВА 93

4.2. МОНТАЖ, НАСТРОЙКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УРОВНЕМЕРОВ 102

Глава 5. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПАРА . . 105

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 105

5.2. РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ 106

5.3. РОТАМЕТРЫ 111

5.4. ИНДУКЦИОННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ 112

5.5. ПЛАНИМЕТРЫ 112

5.6. СЧЕТЧИКИ ЖИДКОСТЕЙ 113

5.7. ГАЗОСЧЕТЧИКИ 115

5.8. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСХОДОМЕРОВ И СЧЕТЧИКОВ 116

Глава 6. ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ 128

6.1. ТИПЫ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ 128

6.2. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ 129

Глава 7. ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ 133

Глава 8. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ 138

8.1. ТИПЫ ВЕСОВ 138

8.2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦИФЕРБЛАТНЫХ ВЕСОВ 139

Глава 9. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 141

9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 141

9.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ 142

9.3. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ 151

9.4. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ 153

9.5. МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 155

Глава 10. НЕСТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ПРИБОРЫ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 160

10.1. УЗКООТРАСЛЕВЫЕ ПРИБОРЫ ТРИКОТАЖНОЙ ПОДОТРАСЛИ И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ 160

10.2. УЗКООТРАСЛЕВЫЕ ПРИБОРЫ ФАРФОРО-ФАЯНСОВОЙ ПОДОТРАСЛИ И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ 164

Глава 11. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО МОНТАЖУ, ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ПРИБОРОВ 172

11.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 172

11.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРИБОРИСТА . 176

11.3. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ, ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ПРИБОРОВ 176

11.4. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНТАЖА, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРИБОРОВ 181

11.5. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МОНТАЖА, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРИБОРОВ . 185

Глава 12. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ПРИБОРОВ 187

12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 187

12.2. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ 188

12.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ С РТУТЬЮ . . . 189

12.4. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕНОСНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ 190

12.5. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ 191

Приложения 192

Литература 195

Юрий Федорович Шилов
СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО-ПРИБОРИСТА

Редактор *В. Т. Звенигородский*
Художественный редактор *В. А. Забродин*
Технический редактор *С. В. Недовиз*
Корректор *О. Б. Катола*

Информ. бланк № 772

Сдано в набор 06. 08. 82.
Подписано к печати 16. 11. 82.
БГ 00928. Формат 84×108[1]/32. Бум. № 1.
Гарнитура литературная.
Высокая печать.
Усл. печ. л. 10,5. Усл. кр.-отт. 10,81.
Уч.-изд. л. 10,74.
Тираж 10 000 экз. Заказ № 1043-2.
Цена 90 к.

Издательство «Каменяр».
290006 Львов, Подвальная, 3.

Львовская книжная фабрика «Атлас»,
290005. Львов-5,
Зеленая, 20.

Шилов Ю. Ф.

Ш59 Справочник рабочего-прибориста.— Львов: Каменяр, 1982.— 199 с., ил., табл.

Справочник содержит сведения по классификации и устройству приборов, применяемых в легкой, пищевой, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности. Освещены особенности монтажа, технического обслуживания и ремонта приборов, приведены характерные неисправности и способы их устранения, изложены вопросы организации труда рабочего-приборинста и требования техники безопасности.

Ш $\frac{31305-077}{M214(04)-82}$ 56.82.2706000000

ББК 34.9
6П5.8

12

90 к.

СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО-ПРИБОРИСТА